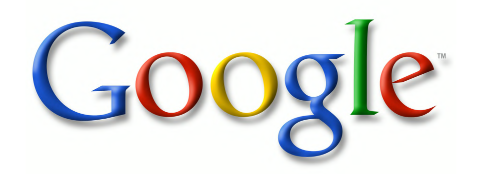



UC-NRLF
$B 271 328


SEAL OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA
LET THERE BE LIGHT
1868







Vorwort.

Durch meinen Beruf ist es mir seit dem Jahre 1887 vergönnt gewesen, in den Hochmooren und auf Sandboden Boden-Impfversuche bei verschiedenen Leguminosen auszuführen und dadurch die Epoche machenden geistreichen Versuche des Professor Hellriegel und der ihm nachfolgenden Forscher in die landwirtschaftliche Praxis einzuführen. Diese Versuche sind teilweise von mir in der „Deutschen landwirtschaftlichen Presse" veröffentlicht. Auch von der Moor-Versuchsstation in Bremen, der schwedischen Moor-Versuchsstation und an anderen Orten sind Boden-Impfungen ausgeführt, bei denen häufig ein bedeutender Erfolg festgestellt wurde. Es ist also gar nicht mehr daran zu zweifeln, dass die Boden-Impfung für gewisse Bodenarten eine grosse praktische Bedeutung hat. Durch die Forschungen von Professor Hellriegel und Professor Nobbe ist ferner nachgewiesen und durch einige Feldversuche bestätigt, dass unter gewissen Umständen eine einmalige Boden-Impfung nicht genügt, und dass die Impfung bei jeder Leguminose wiederholt werden muss, wenn man im Fruchtwechsel nach einander verschiedene Leguminosen-Gattungen kultiviert.

Alle diese Veröffentlichungen über Impfversuche in Gefässen und im landwirtschaftlichen Betriebe sind in verschiedenen Zeitschriften und grösseren Veröffentlichungen zerstreut enthalten. Der Herr Verleger hat daher bei mir die Abfassung einer Monographie über die Boden-Impfung angeregt, und bin ich dieser Aufforderung gern nachgekommen, weil mich diese Frage von Anfang an lebhaft interessiert hat.

Für die praktischen Landwirte und auch für meine früheren Schüler habe ich diese Schrift verfasst und deshalb mich möglichst populär ausgesprochen, wie ich das bei meinen Vorträgen und kürzeren Veröffentlichungen ebenso halte.

Weil diese Schrift vorzugsweise für die praktischen Landwirte bestimmt ist, unter denen viele nicht mit der ganzen einschlägigen Litteratur auf dem Laufenden sind, werde ich im ersten einleitenden Abschnitte kurz die wissenschaftliche Lehre von der Ernährung der

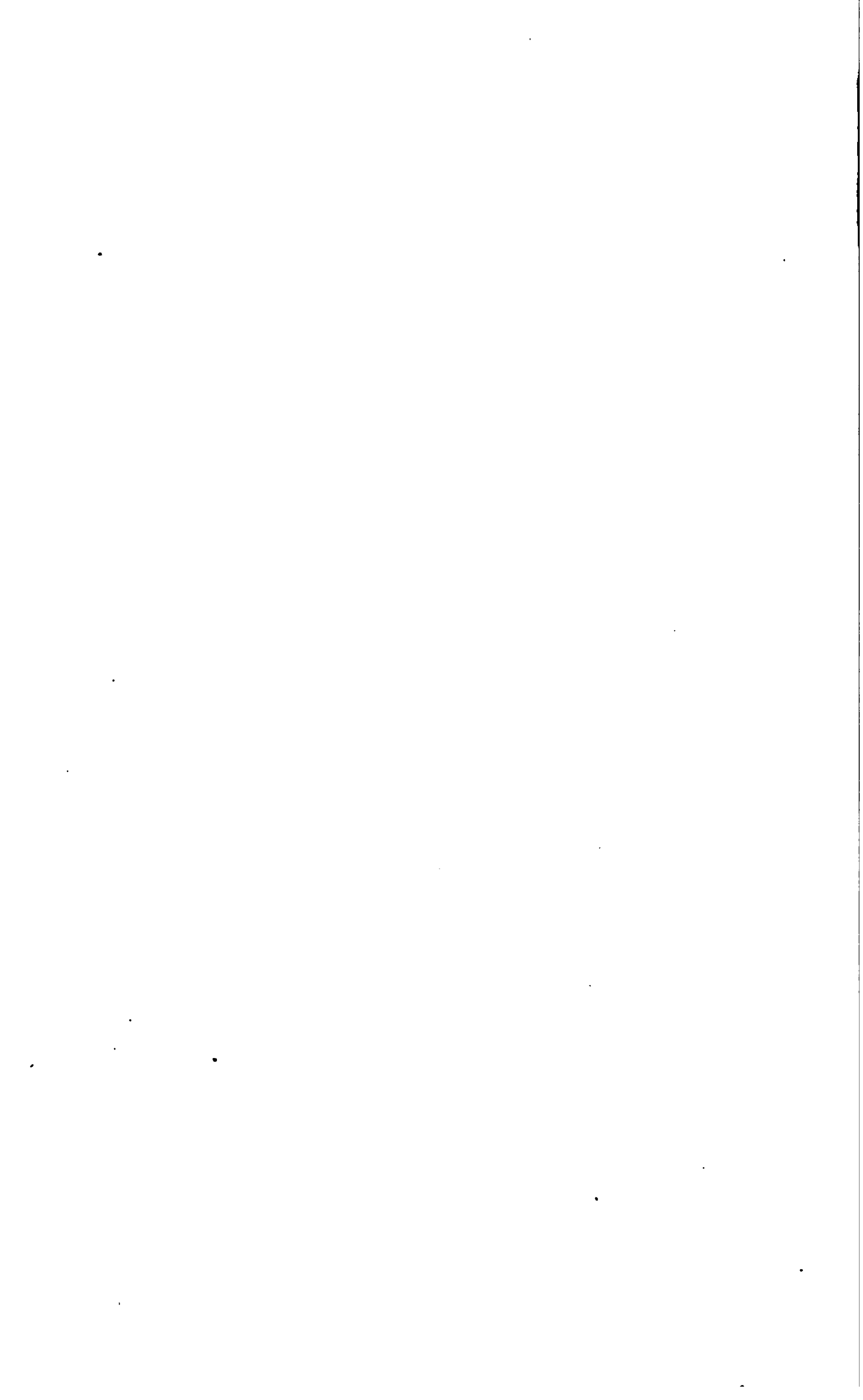
Leguminosen und das Verhalten der Empiriker vor den Entdeckungen Hellriegels darlegen. Im zweiten Abschnitte werde ich gedrängt die Ergebnisse der Versuche Hellriegels, Nobbes und anderer Forscher auf diesem Gebiete, also Versuche von agrikultur-chemischen Versuchsstationen, wieder geben. Wir kommen dabei zu der Einsicht, dass wir den Fortschritten der Bakteriologie auch im Feldbau unendlich viel verdanken. Daran schliessen sich im nächsten und ausführlichsten Abschnitte Mitteilungen über sämtliche zu meiner Kenntnis gelangten Boden-Impfungsversuche im landwirtschaftlichen Betriebe. Der vierte Abschnitt wird die Bedeutung der Boden-Impfung für die landwirtschaftliche Praxis enthalten sowie Ratschläge für die Verwertung derselben. Eine besondere Beachtung wird dabei der Nobbeschen Lehre von der Anpassung der Knöllchenbakterien an gewisse Leguminosen zu teil werden. Im letzten Abschnitte werde ich kurz die Frage streifen, ob durch Verwertung der neueren Forschungen über die Stickstoff-Ernährung der Leguminosen die alten Regeln der landwirtschaftlichen Praxis, dass Rotklee, Erbsen und Pferdebohnen nicht zu häufig auf demselben Boden angebaut werden dürfen, hinfällig werden.

Zu meiner Freude hat der Herr Verleger diese Schrift mit sehr guten Abbildungen ausgestattet, die zum Verständnis beitragen werden.

Lingen (Provinz Hannover),
im August 1895.

Dr. A. Salfeld.

Inhalt.



I. Die frühere wissenschaftliche Lehre von der Ernährung der Leguminosen.

In dieser Abhandlung werden wir uns mit der Ernährung der Pflanzen-Familie der Schmetterlingsblüter oder Leguminosen (Papilionaceae) beschäftigen. Zu dieser grossen Familie gehören unter anderen von den landwirtschaftlichen Kulturpflanzen die Gattungen: Anthyllis (Wundklee), Medicago (Luzerne, Hopfenklee), Trifolium (Klee), Lotus (Schotenklee), Onobrychis (Esparsette), Ervum (Erve), Vicia (Wicke, Saubohne), Lens (Linse), Lathyrus (Platterbse), Pisum (Erbse), Phaseolus (Vietsbohne), Lupinus (Lupine), — aus unserer wilden Flora Spartium (Brahm), Genista (Ginster), Ulex (Stechginster), Ononis (Hauhechel) — von den bei uns eingeführten Baumarten Cytisus (Goldregen), Robinia (Akazie). Man beachte für meine späteren Darlegungen, dass diese Pflanzen verschiedenen Gattungen angehören, die in ihrem ganzen Bau sehr von einander abweichen. Allen gemeinsam ist der grosse Stickstoff-Gehalt der Samen, Stengel und Blätter, wodurch sie sich von den Pflanzen anderer Familien auszeichnen. Man sollte nun denken, dass die Schmetterlingsblüter an die Düngung mit Stickstoffverbindungen oder an den natürlichen Reichtum des Bodens an gebundenem Stickstoff besondere Ansprüche stellen; jedoch wissen wir seit lange, dass z. B. die Lupinen auch auf dem stickstoff-ärmsten Boden ohne Düngung eine Reihe von Jahren gedeihen.

Albrecht Thaer, der Begründer der rationellen Landwirtschaft im Anfang dieses Jahrhunderts, nannte Klee, Bohnen, Erbsen und andere Schmetterlingsblüter bodenbereichernde Pflanzen im Gegensatze zu anderen Kulturpflanzen. Auf dem Wege der Erfahrung hatte er in Uebereinstimmung mit Schwerz und anderen hervorragenden Empirikern gefunden, dass in der Regel Halmfrüchte und Kartoffeln nach diesen Schmetterlingsblütern besser gediehen als nach Halmfrüchten und häufig auch nach reiner Brache. Nun war damals schon klar, dass durch gut bestandenen Klee, Bohnen und Erbsen infolge der Beschattung der physikalische Zustand des Bodens verbessert und durch abfallende Blätter und reichere Wurzelreste der Humusgehalt des Bodens vermehrt wird. Dem Humus wurde ein besonderer Wert bei der Ernährung der Kulturpflanzen zugeschrieben. In die chemischen Vorgänge bei der Ernährung der Pflanzen hatten Albrecht Thaer, Schwerz, v. Wulffen und andere bedeutende Landwirte der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts noch keine klare Einsicht.

Die Männer der Wissenschaft beschäftigten sich schon früh mit Versuchen über die Stickstoff-Ernährung der Pflanzen. Wenn man erwägt, dass unsere atmosphärische Luft zu vier Fünfteilen aus freiem Stickstoff besteht, dass aber Stickstoffverbindungen nur in sehr geringen Mengen in der Atmosphäre, den atmosphärischen Niederschlägen und in den ärmeren Bodenarten enthalten sind, so kommt man leicht zu der Annahme, dass der freie (ungebundene) Stickstoff der Atmosphäre eine Quelle sei, aus der die Pflanzen den Bedarf der stickstoffhaltigen organischen Stoffe (Proteïnstoffe) in ergiebiger Weise schöpfen können.

Priestley und Ingen-Housz fanden in den 70ger Jahren des 18. Jahrhunderts durch gelegentliche Beobachtungen, dass gewisse Pflanzen die Fähigkeit hätten, den freien Stickstoff der Atmosphäre zu assimilieren. Diese Beobachtungen wurden im Jahre 1804 durch de Saussure experimentell widerlegt. Justus von Liebig erzielte mehr wie jeder Gelehrte vor ihm durch sein Eingreifen, seine Lehre von den Naturgesetzen des Feldbaues, einen gewaltigen Aufschwung des landwirtschaftlichen Betriebes. Er stellte den noch heute gültigen Lehrsatz auf, dass der Boden durch jede Ernte an verschiedenen Mineralstoffen ärmer wird, und dass der Ersatz dieser Stoffe durch eine angemessene Düngung beschafft werden muss, um einer Bodenerschöpfung vorzubeugen. In Bezug auf den Stickstoff hatte Liebig die Ansicht, die vor ihm schon durch Berzelius vertreten war, dass den Leguminosen eine besondere Fähigkeit zukomme, den als Ammoniak in der Luft vorhandenen gebundenen Stickstoff durch die Blattorgane zu assimilieren; er sagt: „Ein Kulturfeld empfängt durch blattreiche Gewächse mehr Ammoniak aus der Luft als durch blattarme-“

Boussingault war der erste Forscher, der die Bearbeitung der Frage nach der Assimilation des freien Stickstoffs mit ausreichenden Mitteln in Angriff nahm. Bei seinen späteren Versuchen in den Jahren 1851—1854 vermied er die Fehler seiner ersten Versuche, die darin lagen, dass er den Gehalt der Atmosphäre an gebundenem Stickstoff — an ammoniak- und salpetersauren Verbindungen — nicht genügend berücksichtigt hatte. Er bestimmte den Stickstoffgehalt in der Aussaat, im Boden und in der Ernte, wobei er seine Versuchspflanzen Zwergbohnen, Lupinen, Hafer, Brunnenkresse in einer von allen Stickstoffverbindungen befreiten Atmosphäre wachsen liess und kam zu dem Resultate, dass freier Stickstoff für die Pflanzen keine Nahrung sein könne. G. Ville kam um dieselbe Zeit infolge mangelhafter Versuchsanstellung zu einer entgegengesetzten Ansicht; er suchte die Ergebnisse seiner Versuche noch wahrscheinlicher zu machen, indem er auf den hohen Stickstoffgehalt der Ernten bei dem praktischen Betriebe der Landwirtschaft hinwies; es sei unmöglich, den Stickstoffgehalt der Ernten allein durch den Stickstoff des verwendeten Düngers und durch das mit Regen zugeführte Ammoniak der atmosphärischen Luft zu erklären. Die Ansichten von Ville fanden keinen nennenswerten Verteidiger.

Dann kamen um 1860 die ausserordentlich umfangreichen Versuche von Lawes, Gilbert und Pugh, in denen alle Umstände berücksichtigt wurden, und wodurch schliesslich die Versuche von Boussingault glänzend bestätigt wurden; diese Arbeiten sind Vorbilder geworden durch ihre Ausdehnung und Gründlichkeit. Die genannten Engländer

hielten die Frage nach der Assimilation des freien Stickstoffs für durchaus unerledigt, indem sie auf ihre eigenen genauen langjährigen Felddüngungsversuche hinwiesen. Sie bauten eine Fläche Landes mit gewöhnlichen Kulturgewächsen an, stellten die Erzeugung der Ernten an stickstoffhaltigen organischen Stoffen fest, und kamen zu der Annahme, dass für die jährlich verfügbar werdende Stickstoffmenge eine bis dahin unbekannte Quelle zu Gebote stehen müsse. Wurden auf einem Felde mehrere Jahre hinter einander Getreide-Arten gebaut, so sank die Erzeugung an stickstoffhaltigen Pflanzenstoffen auf ein Minimum — 37 kg pro ha —, bei dem sie dann ohne weitere Verminderung blieb. Wurden aber zwischen die einzelnen Ernten von Getreide Klee oder Erbsen eingeschoben, so erzielte man in dem nachfolgenden Weizen oder der Gerste weit grössere Mengen von Stickstoff, obgleich der Klee oder die Erbsen selbst sehr grosse Mengen von Stickstoff geliefert hatten. Die eigentümliche Rolle des Klees in der Fruchtfolge war auffallend; darum sollte nochmals durch eingehende Vegetationsversuche mit 6 Leguminosen und 19 Gramineen die Frage geprüft werden, ob die höher organisierten — Chlorophyll enthaltenden — Pflanzen fähig sind, den freien Stickstoff der Atmosphäre zu assimilieren. Es wurden dabei von diesen Forschern alle Umstände berücksichtigt, die die Hauptfrage verdunkeln konnten: die etwaige Wirkung des Ozons auf die Ueberführung von freiem Stickstoff in Salpetersäure oder andere Stickstoffverbindungen, die Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Verbindungen im Boden, die etwaige Entbindung von Wasserstoff im Boden und die hierbei stattfindende Ueberführung vom freien Stickstoff in Ammoniak. Das Ergebnis der Versuche bestätigte, wie gesagt, die Behauptung Boussingault's, dass der freie atmosphärische Stickstoff nicht von den höher organisierten Pflanzen assimiliert werden kann.

Ferner wurde die Frage, ob die oberirdischen Organe der Pflanzen — besonders die der Leguminosen — im stande sind, gasförmigen, aber gebundenen Stickstoff in Form von Ammoniak zu assimilieren, von J. Sachs, Adolf Mayer und Schlösing geprüft. Einen Unterschied in der Ammoniak-Aufnahme durch die Blätter zwischen den Leguminosen und Gramineen konnten diese Forscher nicht feststellen. Ausserdem suchte man die Mengen von Ammoniak und Salpetersäure zu berechnen, die der Boden in grösseren Zeiträumen aus der Atmosphäre durch die Niederschläge erhält. Die erhaltenen Zahlen weichen sehr von einander ab; aber selbst wenn man die höchsten berechneten Zahlen für richtig annimmt, kommt man zu der Erkenntnis, dass die auf unorganischem Boden wachsende Pflanze von dieser Menge üppig nicht zu gedeihen vermag.

Wir fassen nun die Ergebnisse der bisher erwähnten wissenschaftlichen Forschungen und die Lehre der Wissenschaft über die Stickstoffernährung der Pflanzen im Jahre 1876 nach Adolf Mayer*) in folgende Sätze zusammen:

1) Alle Pflanzen enthalten stickstoffhaltige Stoffe, die ihnen unentbehrlich sind.

---

*) Adolf Mayer, Lehrbuch der Agrikulturchemie in 40 Vorlesungen. Heidelberg 1876. 1. Band, Seite 197, 198.

2) Alle Pflanzen enthalten in ihren jugendlichen, der Neubildung fähigen Zellen stickstoffhaltige Stoffe, die der Proteïngruppe angehören.
3) Diese Stoffe bilden sich aus stickstofffreier, organischer Substanz und stickstoffhaltigen (wenigstens der Regel nach) anorganischen Verbindungen.
4) Der freie Stickstoff der Luft vermag die höhere grüne Pflanze nicht zu ernähren.*)
5) Hierzu sind Ammoniak- und Salpetersäure-Verbindungen notwendig; gelegentlich können auch einige, dem Zerfall in anorganische Stoffe nahestehende, stickstoffhaltige, organische Verbindungen für jene eintreten.
6) Es sind in der Natur mehrere Vorgänge der Neubildung von gebundenem Stickstoff auf Kosten des freien bekannt; die wichtigste davon ist die Bildung von Salpetersäure durch Oxydation des Stickstoffs durch den electrischen Funken.
7) Der gebundene Stickstoff der organischen Stoffe geht umgekehrt teilweise bei den Verbrennungs- und Verwesungserscheinungen in freien Stickstoff über.
8) Das Pflanzenleben wird entschieden in seiner Ueppigkeit durch jenen im 6. Satze erwähnten Uebergang begünstigt, während es selbst jenen zweiten, entgegengesetzten Uebergang 7 begünstigt, sodass derselbe als ein Regulator gegen das Ueberhandnehmen des einen Vorganges betrachtet werden kann.
9) Der Pflanzenwelt steht in der Natur ausser den im Boden enthaltenen Stickstoff eine gewisse stets fliessende Stickstoffquelle in Form des Ammoniaks und der Salpetersäure der atmosphärischen Niederschläge zu Gebote.
10) Von dieser Quelle allein vermag jedoch die Pflanze im allgemeinen keine für die Anforderungen einer intensiven Kultur genügende Menge von Stickstoff zu schöpfen.
11) Der Landwirt, der die Stickstoffquelle des Bodens durch eine Ernteentnahme auf ein Minimum reduciert, ist fast ausnahmlos gezwungen — will er anders die übliche Grösse der Ernte beanspruchen —, durch Düngung eine neue Quelle des Stickstoffs zu eröffnen.
12) Die Aufnahme der Salpetersäure durch die Pflanzen geschieht allein durch die Wurzeln, in Form einer Reihe von salpetersauren Salzen, und die Aufnahme der Ammoniaksalze ebenfalls durch die Wurzeln.**)

So war denn durch alle mühevollen und genauen wissenschaftlichen Versuche der Widerspruch zwischen der wissenschaftlichen Forschung und den Ergebnissen der Praxis über die „Bodenbereicherung“ durch Anbau von Leguminosen nicht gelöst. In den Veröffentlichungen jener

*) In der im Jahre 1895 erschienenen Schrift Ad. Mayers über „die Ernährung der grünen Gewächse“ sind in der 13. und 14. Vorlesung die Hellriegelschen Versuche über die Aufnahme des freien Stickstoffs durch die Schmetterlingsblüter unter Mitwirkung der Bakterien sehr klar behandelt.

**) In der neuesten Zeit ist man zu der Ansicht gekommen, dass der Stickstoff der Ammoniaksalze unter Mitwirkung des Salpeterpilzes erst in salpetersaure Salze umgebildet und erst in dieser Verbindung von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden kann.

Zeit half man sich mit der Erklärung, dass die Leguminosen eine besondere Fähigkeit haben müssten, sich die Stickstoffverbindungen des Bodens anzueignen und dass sie häufig mit ihren Wurzeln die tieferen Bodenschichten an allen Nährstoffen, auch an Stickstoffverbindungen, mehr ausnutzen als andere Kulturpflanzen; die von den praktischen Landwirten behauptete Stickstoffbereicherung des Bodens durch Leguminosen sei also nur eine scheinbare. Wenn thatsächlich nach Leguminosen andere Kulturpflanzen in der Regel gut gedeihen, so sei dieses hauptsächlich dem günstigen Einflusse der Leguminosen auf die physikalische Beschaffenheit des Bodens und die Unterdrückung der Unkräuter zuzuschreiben.

Je mehr man in der landwirtschaftlichen Praxis dazu überging, auf leichten Bodenarten zu Leguminosen nicht mehr mit tierischem Dünger, sondern mit Phosphaten und später auch mit Kalisalzen zu düngen, um so allgemeiner trat die Erfahrung hervor, dass die Leguminosen unter gewissen Umständen keiner Stickstoffdüngung bedürfen, um zur grössten Produktion von Planzenmasse zu kommen. Bei den lange Jahre hinter einander fortgesetzten berühmten Wiesenversuchen von G. Gilbert in Rothamsted bekamen bei alleiniger Gabe von Kalisalzen und Phosphaten die Leguminosen in dem Bestande bedeutend das Uebergewicht; dagegen herrschten bei Zugabe von Stickstoffdünger die Gräser mehr vor. — Die Moor-Versuchsstation in Bremen machte von diesen Versuchen sofort nach ihrer Errichtung im Jahre 1877 Anwendung. Auf Wiesen wurde nach Directive von Professor Dr. Fleischer vorzugsweise nur mit Kalisalzen und Phosphaten gedüngt, auf Hochmoor-Ackerland zu Klee, Bohnen und Erbsen mit denselben Düngmitteln und ausserdem mit Aetzkalk und Mergel. Dabei machte diese Versuchsstation bald die Erfahrung, dass auf Hochmoor-Neuland, wo noch niemals tierischer Dünger und Seeschlick gegeben waren, Erbsen und Pferdebohnen in den meisten Fällen bei der angegebenen stickstofffreien Düngung nicht gedeihen wollten. Auffällig war ferner, dass in grossen Hochmooren, wo noch nie Klee gebaut war, die ohne Vorfrucht mit Aetzkalk, Kainit und Phosphat gebauten Kleeflächen häufig im ersten und selbst noch im zweiten Jahre nach der Aussaat sich nur schwächlich und dann allmählich bei fortgesetzter Kali-Phosphat-Düngung zu den üppigsten Kleebeständen entwickelten. Eine Erklärung dieser auffallenden Erscheinung sollten wir erst später durch Hellriegels Versuche erhalten. — Immer deutlicher machte man also auf verschiedenen Bodenarten die Erfahrung, dass die Leguminosen sich zu der Düngung mit Stickstoff ganz anders verhalten als die übrigen Kulturpflanzen.

Da erschien im Jahre 1881 eine Schrift des altmärkischen Rittergutsbesitzers Schultz-Lupitz: „Reinerträge auf leichtem Boden und Wirkung verschiedener Phosphate auf trockenem und feuchtem Sandboden,“ worin auf Grund langjähriger Erfahrungen und genauer Beobachtungen ganz entschieden die Stickstoff-Bereicherung in folgenden Sätzen behauptet wurde:

> „Die Lupinen, Erbsen, Kichern, Rotklee, Wund-
> „klee vermögen die luftförmigen Nährstoffe,
> „speziell den Stickstoff sich leichter heranzu-
> „holen als die Getreidearten und Gräser. Sie,

„wie überhaupt die Leguminosen, erweisen sich „als bodenbereichernd, nicht weil sie im allgemeinen Nährstoffe, sondern weil sie vorwiegend „Stickstoff sammeln. Sie sind daher Stickstoff„sammler zu nennen."

Schultz erwarb das Gut Lupitz im Jahre 1855; der Acker besteht aus Diluvialsand; der Reinertrag war anfangs ein mässiger. Die Anwendung der künstlichen Düngmittel war zwar von Erfolg, aber nicht rentabel; gebrannter Kalk wirkte zu hitzig. Von günstigerem Erfolge zeigte sich Mergel, namentlich wenn gleichzeitig Phosphate gegeben wurden. Jedoch war das Gesamtergebnis kein befriedigendes. Die in den sechziger Jahren zuerst in den Handel gebrachten Kalisalze bewogen Schultz, auch mit diesen Versuche zu machen. Die überraschendsten Erfolge erzielte er bei Lupinen. Anfangs hatte er Lupinen ohne jegliche Düngung abwechselnd mit Schafweide gebaut; aber die Lupinenernten gingen mit jedem Jahre zurück, bis schliesslich der Boden ganz lupinenmüde wurde. Als nun mit 3 Ctr. Kainit pro Morgen gedüngt wurde, war die Lupinenmüdigkeit sofort gehoben. Auf diesen sogenannten Lupinenwiesen, die jedes Jahr abgeerntet wurden, hatte Schultz bis zum Jahre 1883 15 Jahre hinter einander mit Anwendung von 3 Ctr. Kainit erfolgreich Lupinen gebaut. Er behauptete in seinen Veröffentlichungen, dass der Boden in diesem Zeitraume von 15 Jahren nicht stickstoff-ärmer, sondern stickstoff-reicher geworden wäre. Der strenge Beweis hiefür konnte allerdings nicht erbracht werden, aber auffallend blieb die Thatsache, dass der Stickstoffbedarf der Lupinen noch immer befriedigt wurde.

Die günstige Wirkung von Kainit zu Lupinen bewog Schultz, diesen Dünger mit Phosphaten auch zu Halmfrüchten zu verwenden; er erzielte befriedigende Ernten dieser „Stickstofffresser", wenn er vorher mit Kainit und Phosphaten die „Stickstoffsammler" Erbsen, Klee und Lupinen gebaut hatte, aber nicht wenn vorher Halmfrüchte mit diesem Dünger gebaut waren. Hieraus folgerte Schultz ebenfalls die Stickstoffbereicherung des Bodens durch Leguminosen; er schränkte die Viehhaltung bedeutend ein, weil er behauptete, dass er den Stickstoff durch Anbau von Leguminosen weit billiger erwerben könne als im Stallmist bei der Viehhaltung. Schultz bewies also durch seine langjährigen Erfahrungen auf einem geringen Sandboden in grösserem Betriebe bei rationeller Anwendung der mineralischen Dünger den rentablen Anbau der Leguminosen und den hohen Wert ihrer Stickstoffbereicherung für die nachfolgenden Halmfrüchte, sowie den Erfolg seines ganzen Wirtschaftssystemes. Es ist sein grosses Verdienst, dass er durch seinen Weckruf die grosse Stickstoff-Frage der Leguminosen wieder anregte und zu einer brennenden machte. Ich habe es erlebt, welche Erregung seine verschiedenen damaligen Veröffentlichungen unter den Praktikern und Männern der Wissenschaft hervorriefen.

Mehrere Schriften von H. Settegast, Drechsler, Blomeyer und Märcker wurden durch diese Bewegung veranlasst; anfangs fand Schultz nur an Märcker einen Verteidiger für seine Behauptung, dass sein Boden nicht stickstoffärmer bei dem langjährigen Anbau von Lupinen geworden sei. Drechsler schrieb im Journal für Landwirtschaft 1883 über die Lupitzer Lupinenwiesen folgende bezeichnende

Worte: „Ich stelle mich auch bei dieser Prüfung auf den Boden unserer „heutigen wissenschaftlichen Erkenntnis in dem betreffenden Gebiete; „die Möglichkeit einer künftigen Entdeckung heute noch unbe- „kannter Eigenschaften gewisser Pflanzen, oder ausreichender Zuflüsse „an Stickstoff aus natürlichen Quellen lasse ich also — wenigstens „zunächst — unberücksichtigt; nicht deshalb, weil ich etwa die Möglich- „keit solcher Entdeckungen bestreite, sondern einfach weil diese Ent- „deckungen bis jetzt noch nicht gemacht sind, der Zweck meiner bis- „herigen Aeusserungen aber lediglich der war, die wirtschaftlichen „Massnahmen und Erfolge des Herrn Schultz im Lichte unseres „heutigen Wissens zu betrachten. Ich will lediglich fragen, ob zur „Erklärung der betreffenden Erfolge unsere bisherige Anschauung über „die Wirkungen des Fruchtwechsels und der Düngung ausreicht, oder „ob dazu eine neue Hypothese zu Hülfe genommen werden muss; und „ich komme zu dem Schlusse: dass nach unserem heutigen Wissen die „Erträge bei dem besprochenen Lupitzer Feldsystem zurückgehen „müssen, falls eine stärkere Stickstoffzufuhr, wie angenommen, nicht „erfolgt."

Also wieder wurden hier die Erfahrungen der landwirtschaftlichen Praxis über stickstoff-sammelnde Pflanzen für nicht bewiesen ausgegeben, weil die Wissenschaft keine Erklärung dafür hatte. Schultz-Lupitz liess sich durch diesen literarischen Streit in seinem Wirtschaftssystem nicht irre machen, und wir werden nun sehen, wie es auch der Wissenschaft gelang, die unbekannte Quelle der Stickstoff-Ernährung der Leguminosen nachzuweisen. Wir verdanken diesen grossen Fortschritt in unserer Erkenntnis nicht allein der Chemie, sondern zumeist der jüngen Wissenschaft der Bakteriologie, die jetzt immer mehr mit ihrem Lichte in verschiedene Gebiete der Landwirtschaft eingreift, sodass hiermit gewissermassen eine neue Aera beginnt.

II. Die Forschungen der agrikulturchemischen Versuchsstationen seit den Versuchen Hellriegels im Jahre 1886 und den Fortschritten der Bakteriologie.

1. Die Stickstoff-Aufnahme der Leguminosen.

An stiller Arbeitsstätte wirkte unterdessen zuerst in Dahme und dann in Bernburg mit dem glücklichsten Erfolge Professor Hellriegel. Ueber seine epochemachenden Versuche berichtete er zuerst am 20. September 1886 in der agrikulturchemischen Sektion der Berliner Naturforscherversammlung, und dann später im November 1888 in dem Beilagehefte zu der Zeitschrift des Vereins für die Rübenzucker-Industrie des Deutschen Reiches. Seine Untersuchungen über die Stickstoffnahrung der Gramineen und Leguminosen sind gemeinsam mit H. Wilfarth ausgeführt.

In der letzteren Veröffentlichung sagt Hellriegel: „Es waren weder der Ehrgeiz, etwas Neues zu schaffen, noch die Sucht, überall Bakterien zu sehen, sondern einige ganz gelegentlich gemachte auffällige Beobachtungen, die uns zu einer Arbeit drängten, die von uns ursprünglich gar nicht beabsichtigt war."

Zuerst kultivierte Hellriegel mehrere Jahre in Gefässen mit geglühtem stickstofffreien Tertiärsand mit Hülfe von bekannten Nährstoffmischungen Gerste, Hafer und Erbsen. Dabei ergab sich Folgendes. Die erhoffte strenge Abhängigkeit des Wachstums von der im Boden vorhandenen Menge des in der Düngung gegebenen Stickstoffs liess sich sehr wohl und bestimmt bei den Getreidearten nachweisen. Mit der Verminderung des Stickstoffs in der Nährmischung sank stets auch die Ernte; in einer stickstofflosen Nährmischung war eine bemerkenswerte Produktion dieser Pflanzen über das Keimleben hinaus in keinem einzigen Falle zu beobachten.

Nicht aber so bei den Leguminosen. Schon frühzeitig machte Hellriegel die Erfahrung, dass Pflanzen dieser Familie auch in einem von Haus aus stickstofflosen Boden zu wachsen vermögen. 1862 und 1863 sah er in Sand mit stickstofffreier Nährlösung Rotklee hübsche Blütenköpfe treiben und in dem folgenden Jahre Erbsen sich gut entwickeln und normale gute Samen bringen; aber in andern Jahren unter genau den gleichen Versuchsbedingungen verhungerten dieselben Pflanzenarten rettungslos. Bei Kontrollversuchen entwickelte sich die eine Pflanze vortrefflich, die andere ohne erkennbare Krankheitsursachen schlecht. Die Ernte nach verschieden hohen Stickstoffzusätzen zeigte keine konstante Beziehung zur Stickstoffgabe. Aus den bisher aufgestellten, im vorigen Abschnitte beschriebenen Hypothesen über das eigentümliche Verhalten der Leguminosen bei Stickstoffaufnahme konnten die bei den Erbsen beobachteten Erscheinungen nicht erklärt werden. Da untersuchte Hellriegel die Wurzeln, und fand an den Wurzeln der in stickstofffreier Nährmischung gut gewachsenen Erbsen vollkommen ausgebildete Knöllchen, dagegen die Wurzeln der verhungerten Erbsenpflanzen frei von Knöllchen. Unwillkürlich wurde er zu der Frage gedrängt, ob nicht die Knöllchen der Sitz gewisser Pilze wären und ob letztere die Aufnahme des freien, elementaren Stickstoffs der Atmosphäre vermitteln — denn nur mit dieser Annahme war der bedeutende, in so kurzer Zeit erworbene Stickstoffgewinn der gut gewachsenen Erbsen vereinbar. Der Gedanke, dass die Knöllchenbakterien sich für die Stickstoffernährung der Leguminosen durch ein inniges Zusammenleben (Symbiose) nutzbar erweisen, hatte nichts Auffälliges mehr, seitdem Frank nachgewiesen hatte, dass auch andere höhere Gewächse, z. B. Erlen, in Symbiose leben und von diesen für ihre Ernährung nutzbar gemacht werden.*)

Von neuem machten Hellriegel und Wilfarth Versuche mit Serradella, Lupinen und Erbsen in Gefässen mit doppelt ausgewaschenem, geglühten stickstofffreien Sand. In sämtlichen Gefässen wurden die gleichen Mengen aller Pflanzennährstoffe in Form von Salzen, aber keine Stickstoffverbindungen gegeben; zum Begiessen wurde destilliertes Wasser benutzt. Einige Gefässe erhielten sehr geringe Mengen Aufguss von Bodenarten, auf denen die genannten Leguminosen Wurzelknöllchen reichlich gebildet hatten. Hellriegel ging dabei von der Ansicht aus, dass in solchem Boden die Knöllchen-Bakterien zahlreich vorhanden sein müssten und mit Sicherheit auf seine Versuchspflanzen übertragen werden könnten.

---

*) Es waren bereits von anderen Beobachtungen gemacht, dass im Boden vorkommende Mikroorganismen (Bakterien) fähig sind, den freien Stickstoff der Luft in organischen Stickstoff (Protein) umzuwandeln.

Diese Vermutung wurde durch die Erfolge bestätigt. Eine dritte Reihe von Gefässen mit den Leguminosen erhielt Bodenaufguss, von denselben Bodenarten bereitet, der durch Erhitzen*) sterilisiert war, um die Bakterien zu töten. Sämtliche Gefässe wurden mit sterilisierter Watte bedeckt, um die zufällige Zuführung von Bakterien zu verhüten, die offenbar bei den früheren Versuchen bei einigen Leguminosen stattgefunden hatte.

Die Pflanzen ohne Bodenaufguss und diejenigen, mit stark erhitztem Bodenaufguss vegetierten nur so lange, wie sie sich von dem wenigen Stickstoff der Samenkörner ernährten, gingen dann aber ausnahmslos zu Grunde, kamen also über das Keimleben nicht hinaus und bildeten keine Wurzelknöllchen. Ein Stickstoffgewinn war bei diesen Pflanzen nicht nachzuweisen.

Dagegen hatten sämtliche Pflanzen mit nicht erhitztem Bodenaufguss eine ganz andere Entwickelung; in einer gewissen Zeit kamen sie auch in eine Periode des Stickstoffhungers, welche durch die bleiche Farbe und Bildung der Blätter bemerkbar wurde. Als dann aber die Knöllchenbildung an ihren Wurzeln reichlicher stattgefunden hatte, entwickelten sich diese Pflanzen mit einem bedeutenden Stickstoffgewinn normal und üppig.

Es war also durch diese etwas rohe Methode — die Bakterien waren nicht rein gezüchtet — bewiesen, dass die Leguminosen durch lebensfähige Knöllchenbakterien die Fähigkeit erlangt hatten, Stickstoff der Bodenluft zu assimilieren, in Pflanzenstickstoff umzuwandeln, und einen bedeutenden Gewinn von Proteïn zu erzielen.

Nun warf Hellriegel die Frage auf: Ist diese Stickstoffquelle der Leguminosen zu suchen 1) in dem freien Stickstoff der Atmosphäre oder 2) in dem gebundenen Stickstoff der Atmosphäre (Ammoniak und Salpetersäure). Die Vermutung leitete zu der ersteren Quelle, weil die Gefässe keinen Regen erhalten hatten und weil der benutzte Sand nur äusserst geringe Mengen von Ammoniak und Salpetersäure aus der Luft absorbiert haben konnte. Um diese Frage zu lösen, wurden folgende Versuche ausgeführt. In Glasballons wurden Erbsen mit Wurzelknöllchen in stickstoff-freier Nährlösung gezogen. Während der ganzen Dauer der Versuche wurde mittelst einer Luftpumpe nur solche Luft zugeführt, die von gebundenem Stickstoff befreit war, die also nur Kohlensäure, Sauerstoff und freien Stickstoff enthielt. Der genau ermittelte Stickstoff-Gewinn der Erbsen war ebenso bedeutend als bei den anderen Versuchen Hellriegels. So war denn die grosse Stickstofffrage der Leguminosen gelöst, und Hellriegel war zu folgenden, rein objektiven Schlüssen aus seinen Versuchen berechtigt:

1) „Die Leguminosen verhalten sich bezüglich der Aufnahme ihrer Stickstoffnahrung von den Gramineen prinzipiell verschieden.
2) Die Gramineen sind mit ihrem Stickstoffbedarf einzig und allein auf die im Boden vorhandenen assimilierbaren Stickstoffverbindungen angewiesen, und ihre Entwickelung steht immer zu dem disponiblen Stickstoffvorrate des Bodens in direktem Verhältnisse.

---

*) Der Bodenaufguss wurde gekocht oder auch nur bis zu 70° C. erhitzt, und verlor so gänzlich und ausnahmslos seine Wirksamkeit.

3) Den Leguminosen steht ausser dem Bodenstickstoff noch eine zweite Quelle zur Verfügung, aus welcher sie ihren Stickstoffbedarf in ausgiebigster Weise zu decken und, soweit ihnen die erste Quelle nicht genügt, zu ergänzen vermögen.
4) Diese zweite Quelle bietet der freie, elementare Stickstoff der Atmosphäre.
5) Die Leguminosen haben nicht an sich die Fähigkeit, den freien Stickstoff der Luft zu assimilieren, sondern es ist hierzu die Beteiligung von lebensthätigen Mikroorganismen im Boden unbedingt erforderlich.
6) Um den Leguminosen den freien Stickstoff für Ernährungszwecke dienstbar zu machen, genügt nicht die blosse Gegenwart beliebiger niederer Organismen im Boden, sondern ist es nötig, dass gewisse Arten der letzteren mit den ersteren in symbiotisches Verhältnis*) treten.
7) Die Wurzelknöllchen der Leguminosen sind nicht als blosse Reservespeicher für Eiweissstoffe zu betrachten, sondern stehen mit der Assimilation des freien Stickstoffs in ursächlichem Zusammenhange."

Diese Schlüsse wurden zunächst von Hellriegel nur für die bei den Versuchen benutzten Arten der Leguminosen aufgestellt; die Sätze 5 und 6 wurden nur als Hypothesen bezeichnet, weil damals über die Art und Lebensweise der Bakterien sowie deren Einfluss auf die Schmetterlingsblüter noch wenig bekannt war.

In den weiteren Darlegungen zog dann Hellriegel die Folgerungen aus seinen Versuchen für den praktischen Betrieb der Landwirtschaft mit den Worten:

„Eine gute Ernte von einer Leguminosenart kann auch auf einem wenig stickstoffreichen oder selbst stickstoffarmen Boden gewonnen werden und enthält stets ansehnlich mehr Stickstoff, als eine unter gleichen Umständen erzeugte und relativ gleich gute Ernte von Cerealien."

„Mit derselben gelangt eine grössere Quantität von Stickstoff in das Düngerkapital der Wirtschaft, während sie andererseits auch noch ein grösseres Quantum Wurzeln von bedeutend höherem Stickstoffgehalt im Boden hinterlässt."

„Dieses Stickstoffplus aber stammt zum mehr oder minder grossen Teile nicht aus dem Bodenvorrate, auf welchen die übrigen Kulturgewächse mit ihrem Nährstoff-Bedürfnisse allein angewiesen sind, sondern aus Quellen, die jenen unzugänglich sind, deren Benutzung dem Landwirt nichts kostet und denen er keinen Ersatz durch Düngung zu leisten braucht."

Für den letzten Satz liegen folgende Beweise vor:

„Ueber die stickstoff-bindenden und entbindenden Prozesse im Boden ist zwar noch wenig, über den quantitativen Effekt derselben noch nichts sicher bekannt; die Frage, ob die Leguminosen die Möglichkeit haben, die Wirkung der ersteren zu begünstigen, der letzteren zu mässigen, liegt noch ganz im Dunkeln. Sicher dagegen ist durch die Rothamsteder Versuche festgestellt, dass gewisse mit tief gehenden Wurzeln versehene Leguminosenarten sich bedeutende Mengen von Stick-

*) Symbiose (Lebensgemeinschaft) nennt man die Erscheinung, dass lebende Wesen in ihrer Ernährung eng aufeinander angewiesen sind.

offnahrung aus Regionen des Untergrundes zu holen vermögen, welche r andere Pflanzen unerreichbar bleiben.*)

„Und ebenso sicher halte ich, dass gewisse Leguminosenarten (wenn nicht le) die Fähigkeit haben, unter Mithülfe von Mikroorganismen (Bakterien) en freien, elementaren Stickstoff der Luft für ihre Ernährungszwecke zu benutzen, und denselben in Form von Eiweissstoffen nzusammeln. Diese Stickstoffquelle ist unerschöpflich nd kann unter günstigen Umständen allein schon genügen, um den edarf der Leguminosen bis zu einer normalen, ja selbst üppigen Entvicklung zu decken."

„Man sieht, es sind bereits Thatsachen genug bekannt, um den alten von der Praxis aufgestellten und allezeit treu festgehaltenen Erfahrungssatz, dass die Leguminosen als wirtschaftlich bereichernde Pflanzen anzusehen seien, sowie

den Liebigschen Ausspruch „der Angelpunkt jedes Fortschritts im Ackerbau ist, dass man lernt, aus den natürlichen Quellen soviel Stickstoff zu schöpfen, als man braucht" und

das hierauf gegründete Schultz-Lupitzer Wirtschaftssystem —

ebenso voll berechtigt wie wissenschaftlich erklärlich erscheinen zu lassen."

Die Aufnahme, welche die ersten Mitteilungen Hellriegels in den Kreisen der Agrikulturchemiker und Landwirtschaftslehrer fanden, war anfangs eine sehr geteilte. Manche wollten nicht glauben, dass diese grosse Frage der Stickstoff-Ernährung der Leguminosen eine Bereicherung von so grosser Tragweite erhalten hatte. Ich war im November 1887 in Celle in einer Versammlung der Königlichen Landwirtschafts-Gesellschaft für die Provinz Hannover, wo Professor Drechsler-Göttingen und Dr. Müller-Hildesheim über die ersten Versuche Hellriegels referierten. Drechsler sagte am Schluss: „Es scheint, wir stehen auf dem Wege der Lösung dieser wichtigen Frage." Hätte man nicht Hellriegel als vorsichtigen und genauen Forscher gekannt, so würden die Zweifel sich noch mehr geltend gemacht haben. Als nun aber Hellriegels grössere Veröffentlichung der Versuche mit sämtlichen analytischen Belegen in der Zeitschrift des Vereins für die Rübenzucker-Industrie d. D. R. im November 1888 erschien, da war in den meisten Kreisen kein Zweifel mehr an der Richtigkeit seiner Behauptungen.

Es ist erklärlich, dass in den Reihen der Empiriker grosse Befriedigung darüber entstand, dass auf diesem Gebiete die Erfahrung der Wissenschaft lange voraus geeilt war. Diese Gedanken sprach Rittergutsbesitzer Vibrans-Calvörde in der Sitzung der Ackerbau-Abteilung der fünften Wanderversammlung der deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft zu Strassburg in der Diskussion über einen Vortrag von Professor Wollny mit den Worten aus: „Früher stellte sich die Wissenschaft zu der Bodenbereicherung der Leguminosen auf einen abfälligen Stand-

*) Dieser Umstand hat jedenfalls für Lupinen und Lathyrus mit tiefgehenden Wurzeln auf leichtem Sandboden eine Bedeutung, weil dieser Boden namentlich ohne Mergelung infolge der starken Wasserbewegung die salpetersauren Verbindungen teilweise in den Untergrund führt. Für das Hochmoor möchte ich dagegen diesem Umstande kein grosses Gewicht beilegen, weil die Wurzeln der Leguminosen in diesen Boden nur so weit dringen, wie er entsäuert und durchlüftet ist; das ist auf Ackerland nur bis zu einer Tiefe von 20—25 cm der Fall.

punkt, indem sie sagte, es sei eine unerklärliche Thatsache, und was die Erfahrung gezeigt hat, ist nicht wahr! Ich möchte die Hoffnung aussprechen, dass in Zukunft die Herren Vertreter der Wissenschaft sich auf den Standpunkt stellen, dass sie zunächst die Erfahrungsgrundsätze der Landwirtschaft als Thatsache hinnehmen und zu erkennen suchen, statt ihre Wahrheit zu bestreiten, was allerdings einfacher ist."

Die Leguminosenknöllchen sind schon im Jahre 1858 von dem jung verstorbenen Physiologen Lachmann eingehend untersucht worden. In seiner Abhandlung*) werden diese Gebilde als normale, fast allgemein bei Leguminosen vorkommende Organe genau beschrieben. Die anatomische und mikroscopische Schilderung deckt sich vollkommen mit dem, was in neuester Zeit über diese Organe ermittelt wurde; ja die Bakteriennatur des Knöllcheninhaltes ist bereits in gewisser Weise erkannt worden. Bemerkenswert ist, dass schon Lachmann die Vermutung aussprach, die Knöllchen ständen in irgendwelcher Beziehung zu der bei den Landwirten sehr verbreiteten Ansicht, dass die Schmetterlingsblüter den Stickstoff der Luft aufnehmen können. Aus seinen Ermittelungen ist einiges für Landwirte von Interesse. Die Knollen, welche sehr verbreitet in der Ordnung der Leguminosen vorkommen, sitzen immer an der eigentlichen Wurzel, und sind nicht etwa Rhizome (unterirdische Stengeltriebe) wie die Knollen der Kartoffeln und Topinambur. Sie zeigen sich bei den verschiedenen Gliedern der Familie der Schmetterlingsblüter an verschiedenen Stellen der Wurzel; so sind sie beim Klee hauptsächlich an den oberen Teilen, sowohl des Wurzelstammes, als der Zweige vorhanden, während sie bei anderen, z. B. den Akazien, selbst an vom Stamm entfernten, haarfeinen Zasern vorkommen. Bei einjährigen Lupinen hat Lachmann die Knöllchen nur an der Pfahlwurzel beobachtet, noch nie an Wurzelzweigen; bei Pferdebohnen dagegen und mehrjährigen Lupinen kommen sie ebenfalls hauptsächlich an der Pfahlwurzel vor, doch findet man auch an vielen Wurzelzweigen solche. Immer sind die Wurzelteile, an denen sie vorkommen, nicht alt. Die Tiefe der Knollen unter der Erde ist sehr verschieden; beim Klee sitzen sie oberflächlich, bei anderen tief, selbst mehrere Fuss tief. Die äussere Form der Knollen ist eine sehr verschiedene, entweder sitzen sie mit breiter Basis an, wie bei Lupinen und Pferdebohnen, oder die Basis ist dünner als ihre Hauptmasse, wie Klee, Cytisus, Akazie u. s. w.; im letzteren Falle werden sie leicht beim Ausgraben abgerissen und werden dann nicht bemerkt. Die Form, Gestalt und Zahl der Knöllchen ist bei den einzelnen Arten der Leguminosen sehr abweichend.

In neuerer Zeit sind dann die Bakterien**) der Wurzelknöllchen

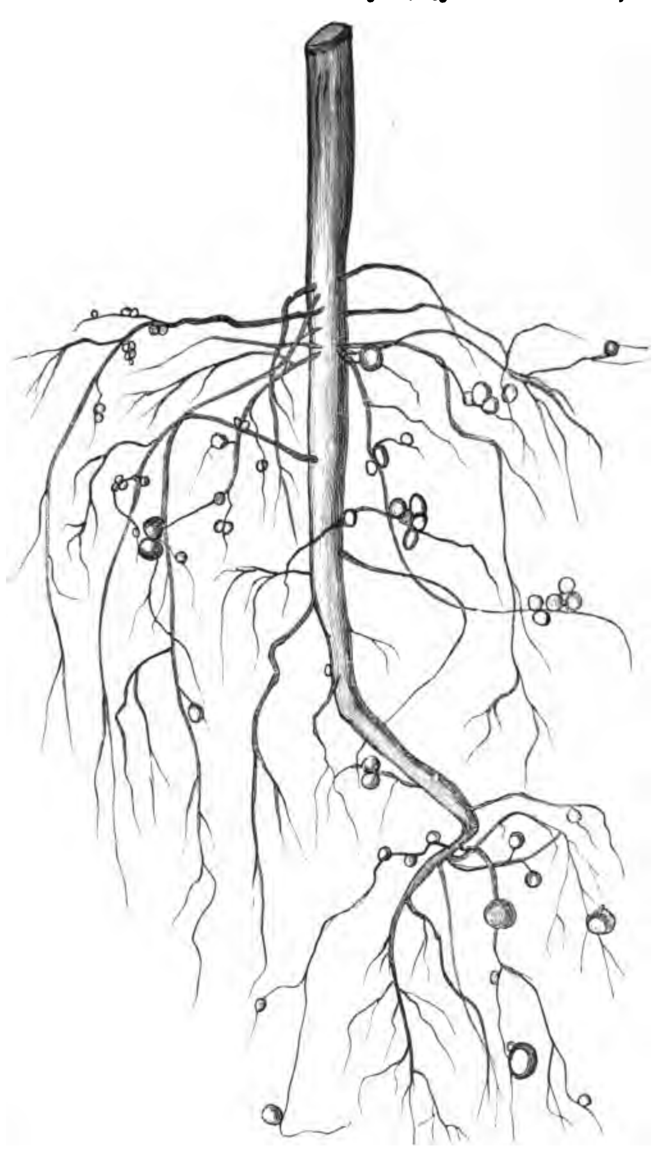
---

*) „Ueber Knollen an den Wurzeln der Leguminosen" in den landwirtschaftlichen Mitteilungen, Zeitschrift der königl. Landwirtsch. Lehranstalt in Poppelsdorf, herausgegeben von Dr. Hartstein, 1. Heft 1858. — Neuerdings in verschiedenen Zeitschriften wieder abgedruckt.

**) Durch die Verbesserung des Mikroskops in der neueren Zeit hat man überhaupt erst mehr Kenntnis von den Bakterien erhalten, und es sind seitdem die wichtigsten Entdeckungen auf diesem Gebiete gemacht worden. Die Bakterien oder Spaltpilze sind die kleinsten lebenden Wesen, daher nur bei sehr starker Vergrösserung deutlich zu sehen. Das Chlorophyll oder Blattgrün fehlt den Bakterien. Sie sind einzellig. Ihre Vermehrung erfolgt stets durch Teilung (Spaltung) einer Mutterzelle in zwei gleiche Tochterzellen. Zu ihrem Wachstum bedürfen sie Feuchtigkeit. Man kennt über 6000 Pilzarten, welche über die ganze Erde verbreitet sind.



Wurzelknöllchen von Phaseolus vulgaris, (gemeine Vietsbohne).



on Prazmowski*) Frank,**) Nobbe und Hiltner***) genau
ntersucht und auf Gelatine rein kultiviert worden. Prazmowski
ommt durch seine Versuche auch zu dem Schlusse. dass die Knöllchen-
akterien mit den Wurzelknöllchen als die Organe der Assimilation des
tmosphärischen Stickstoffs anzusehen sind; es kann nach ihm nicht mehr
weifelhaft sein, dass die Wurzelknöllchen für die Leguminosen sehr
ützliche Organe sind, und in die Reihe der symbiotischen Bildungen
gehören. Die Bakterien ziehen aus diesem Verhältnisse den Vorteil,
lass sie sich auf Kosten der von den Pflanzen gebotenen Nahrung
nassenhaft vermehren, um sodann, nach deren Tode oder auch ge-
egentlich bei äusseren Verletzungen der Knöllchen (Insektenbiss) in
vermehrter Anzahl in den Boden zurückzugelangen. Andererseits er-
langen durch die Symbiose mit den Bakterien die Leguminosen die
Fähigkeit, sich mit dem atmosphärischen Stickstoff zu ernähren. Manches
über diese Vorgänge ist noch in Dunkel gehüllt; es sind noch weitere
Untersuchungen nötig, um die Frage nach dem Anteil der Leguminosen
und der Bakterien an dem Prozesse der Assimilation des freien Stick-
stoffs zu erledigen.

Auf Tafel I habe ich eine Abbildung der Wurzelknöllchen von Phaseolus vulgaris, gemeine Vietsbohne, nach den „pflanzen-physiologischen Wandtafeln von Frank und Tschirch (Berlin, P. Parey)“ wiedergegeben, weil die Wurzelknöllchen dieser Pflanze am leichtesten zu zeichnen sind. (Auf den Wandtafeln von Frank und Tschirch finden sich verschiedene Bilder der Knöllchen-Bakterien und ihrer Einwanderung in das Wurzel-Gewebe der Erbse und Lupine).

Nachdem Hellriegel und Wilfarth die Bahn gebrochen hatten, wurde die Fixierung von freiem Stickstoff durch die Leguminosen mittelst der Symbiose mit Knöllchenbakterien auch durch andere bedeutende Forscher bearbeitet.

J. B. Lawes und J. H. Gilbert†) kultivierten in den Jahren 1888 und 1889 Erbsen, gelbe und blaue Lupinen, roten Klee und Wicken in Gefässen mit stickstofffreiem Sand, der durch Erhitzen auf 100° sterilisiert war. Als Düngung wurde 0,1% der Pflanzenaschen, sowie 0,1% kohlensaurer Kalk gegeben. Eine der Versuchsreihen erhielt ausserdem als Impfung zur Zuführung der Knöllchenbakterien 25 ccm des trüben Auszugs eines reichen Gartenbodens. Diese Versuche ergaben eine vollständige Bestätigung der Hellriegelschen Versuche.

E. Bréal ††) nahm die Impfung an den Wurzeln von zwei spanischen Bohnen mit einer Nadel vor, die vorher in das Wurzelknöllchen von Cytisus (Goldregen) eingeführt war. Die Cytisus-Pflanzen waren auf feuchtem Filtrierpapier gekeimt. Die geimpften Bohnen-Pflänzchen wurden dann in ein Gefäss mit 10 kg Flusssand, in dem Stickstoff nicht in bestimmbarer Menge vorhanden war, gepflanzt. Als Düngung wurde zeitweilig eine sehr verdünnte Lösung von Chlorkalium und phosphorsaurem Kalk gegeben. Die Pflanzen standen in freier Luft. Im ersten Monate war das Wachstum lebhaft, wurde dann aber im

---

*) Biedermann's Centralblatt 1890. S. 766.

**) Desgleichen 1894. S. 684.

***) Landwirtschaftliche Jahrbücher von Dr. H. Thiel. 1892.

†) Biedermann's Centralblatt, 1890 S. 663, nach Proceedings of the Royal Society. 47 Bd. S. 85—118.

††) Biedermann's Centralblatt, 1890 S. 178, nach Comptes rendus, 1889. T. CIX, No. 18, S. 670—673.

zweiten Monat sehr schwach, als der Stickstoffvorrat der Samenkörner aufgezehrt war; im Juni trat jedoch wieder eine üppige Vegetation ein, welche von da an regelmässig verlief. Der Versuch dauerte 67 Tage, die Pflanzen erreichten eine Höhe von 1,40 m und trugen eine grosse Anzahl Schoten, von denen 4 vollkommen reif wurden. Die Wurzeln waren mit zahlreichen Knöllchen besetzt, wovon einzelne die Grösse einer Erbse erreichten.

Die Ermittelung des Erntegewichtes und die Bestimmung des Stickstoffs in der geernteten Menge lieferte folgende Zahlen:

	Gewicht		
	der geernteten Trockensubstanz	des Stickstoffs in 100 g Trockensubstanz	des Gesamtstickstoffs
Blätter, Stamm, Schoten	42,0 g	2,62 g	1,1046 g
Wurzeln	22,3 „	2,20 „	0,4906 „
Ganze Pflanzen . .	64,3 g		1,5952 g
Davon die Samenkörner (zur Saat)	2,7 „	4,0 „	0,1080 „
Gewinn	61,6 g		1,4872 g

Das Gewicht der geernteten Pflanzen, vollkommen trocken gedacht, war also ca. 24 mal, der Stickstoffgehalt derselben ungefähr 17 mal so gross wie in der Aussaat.

Der Sand enthielt nach dem Aberuten der Pflanzen in seiner Gesamtmenge von 10 kg 0,581 g Stickstoff, das zum Begiessen verwendete Wasser hatte höchstens 0,100 g Stickstoff geliefert, so dass nach Abzug desselben im Boden ein Stickstoffgewinn von 0,481 g verblieb.

Die Gesamtmenge des durch die Pflanzen und den Boden festgelegten Stickstoffs war also 1,9682 g. Die Oberfläche der Vegetationsgefässe betrug etwa $^1/_5$ qm; für eine Fläche von 1 ha Grösse würde unter denselben Bedingungen die Gesamtmenge des fixierten Stickstoffs sich auf 98,31 kg belaufen.

Hellriegel hat bei Lupinenkeimlingen durch Impfstiche mit einer Platinnadel, die in ein Wurzelknöllchen von Lupinen vorher gesenkt war, Bakterien übertragen und dadurch Wurzelknöllchen hervorgerufen. Bei den auf solche Weise geimpften Pflanzen war der Stickstoffgewinn sehr bedeutend. In jedem Gefässe standen 2 geimpfte und 2 nicht geimpfte Lupinen; letztere kamen über das Keimleben nicht hinaus und endeten bald an Stickstoffhunger. Sie zeigten schwächliche Wurzeln und keine Knöllchen, wogegen die Wurzeln der geimpften Lupinen stark ausgebildet und mit Knöllchen versehen waren.

Die bisher erwähnten Versuche haben die Fixierung des freien Stickstoffs der Atmosphäre durch Leguminosen auf indirektem Wege dargethan, indem die Menge des Stickstoffs zu Beginn der Kultur in Boden und Saat und am Ende derselben im Boden und den erzielten Gewächsen bestimmt wurde. Schlösing Sohn und Laurent*) haben nun die Verwertung des gasförmigen Stickstoffs durch eine direkte Methode bewiesen, indem sie die Volumina desselben zu Anfang und Ende eines Versuches in einer abgeschlossenen Atmosphäre bestimmten,

*) Biedermanns Centralblatt, 1891, S. 542 nach Compt. rend., T. CXI, S. 750.

in welcher Leguminosen wuchsen und in der die Kohlensäure stetig nach Mass des Gebrauches ersetzt, der entstehende Sauerstoff entfernt wurde.

Durch alle diese Versuche über die Stickstoff-Aufnahme der Leguminosen sind also Hellriegels Versuche und Folgerungen glänzend bestätigt worden.

---

2. Die Stickstoff-Aufnahme der Nicht-Leguminosen.

Prof. Dr. B. Frank in Berlin hat mit Cryptogamen und Phanerogamen Versuche angestellt.*) Die Versuche, durch welche wir die Fähigkeit einer Pflanze beweisen, den Stickstoff der Luft als Nahrungsmittel zu verwenden, sind — wie bei den Versuchen Hellriegels — am anschaulichsten in der Form, wo die Pflanze einen von Stickstoffverbindungen völlig freien Boden erhält und in einem solchen unter Vermehrung ihres Stickstoffgehaltes sich entwickelt.

Frank behauptete nun, dass man aus dem Verhalten der Pflanze unter diesen Bedingungen nicht ohne weiteres schliessen könne auf dasjenige, welches sie unter anderen Ernährungsbedingungen zeigen würde. Es ist nach ihm sehr wohl denkbar, dass bei Vorhandensein reichlicher Mengen von Stickstoffverbindungen im Boden die Pflanze weniger Anstrengungen mache, um freien Stickstoff zu erwerben, als wenn ihr nur die letztere Quelle zur Verfügung steht. Ebenso könne man sich umgekehrt denken, dass gewisse Pflanzen in der ersten Periode ihres Lebens überhaupt nur mittelst Stickstoffverbindungen sich ernähren können und die Fähigkeit, freien Stickstoff zu assimilieren, erst gewinnen, wenn durch diese Ernährung mit Stickstoffverbindungen die zu jener Assimilation erforderlichen Organe die genügende Ausbildung erreicht haben, dass also bei solchen Pflanzen die Assimilation des freien Stickstoffs bei Fehlen jeglicher Stickstoffverbindung im Boden überhaupt nicht zu Tage tritt, sondern erst durch deren Vorhandensein bedingt wird. In dieser Lage befinden sich nach Frank die Nicht-Leguminosen unter den Phanerogamen.

Um diese Frage zu lösen, kultivierte Frank Hafer und Winterraps in fruchtbarem schwerem Auelehmboden mit geringem Humusgehalt, bisher in Ackerkultur, mit 0,118 % Stickstoffgehalt; ferner Buchweizen und Ackerspergel in sterilem, humuslosen Flugsand mit 0,353 % organischer Substanz und 0,0096 % Stickstoff. (Der von Hellriegel benutzte Sand enthielt nur Spuren von Stickstoff, im Durchschnitt von 21 Analysen nur 0,000029 % Stickstoff). Es wurden von Frank 40 cm weite Glasschalen benutzt, und zwar blieb bei jeder Versuchsreihe eine Anzahl von Gefässen ohne Vegetation. Der Stickstoffgehalt des Samens, der Ernte und des Bodens — auch in den nicht mit Pflanzen bestandenen Schalen — vor und nach dem Versuche wurde bestimmt. In zwei Versuchsreihen fand in den Gefässen mit dem vegetationslosen Boden während der Versuchsdauer eine geringe Vermehrung des Bodenstickstoffs statt, die nach Frank zum Teil jeden-

*) Prof. Dr. B. Frank, „Die Assimilation freien Stickstoffs bei den Pflanzen in ihrer Abhängigkeit von Species, von Ernährungsverhältnissen und von Bodenarten" in den landwirtsch. Jahrbüchern von Dr. H. Thiel, 1892.

falls von der Entwickelung niederer Algen in den oberen Bodenschicht herrührt. In den anderen vegetationslosen Gefässen fand während d Versuchsdauer eine Abnahme des Bodenstickstoffs statt. In den Gefäss mit Hafer, Buchweizen, Spergel und Winterraps zeigte der Boden e Stickstoffzunahme, und ausserdem den Stickstoffgewinn der Ernten z züglich des Stickstoffs der Samenkörner, obgleich keine Stickst Düngung gegeben war.

Aus diesen Versuchen folgert Frank, — im Gegensatz zu Hellriegel — „dass Phanerogamen, welche nicht zu de Leguminosen gehören, sich ebenfalls Stickstoff aus de Luft aneignen, allerdings unter der Voraussetzung, dass sie a einem an und für sich fruchtbaren Boden, wie es hier der Lehmbod war, oder selbst auf einem unfruchtbaren Boden, wenn er in genügend Weise mit Kalk, Kali und Phosphat gedüngt ist, aufwachsen und da durch zu einer normalen kräftigen Entwickelung ihrer vegetative Organe, also des Wurzel-, Stengel- und Blattapparates gelangen.“

Weiter stellt Frank die Behauptung auf: „Die Assimilation de freien Stickstoffs ist eine über das ganze Pflanzenreich und unter de verschiedensten Pflanzenformen verbreitete Lebenserscheinung. Bei de höheren Pflanzen ist sie allgemein an diejenige Bedingung geknüpft die ja auch bei anderen Ernährungsthätigkeiten sich geltend macht, dass die Pflanze den schwächlichen Jugendzustand überwunden und sich in ihren vegetativen Organen, besonders in ihrem Blattapparate, ge kräftigt hat. Je mehr dies geschieht, desto euergischer kommt die Kraft, elementaren Stickstoff zu assimilieren, zum Ausdruck.“

Die Leguminosen besitzen nach Frank ausserdem noch ein zweites besonderes Mittel, welches den gleichen Erfolg erzielt: die Symbiose mit einer bestimmten Bakterie, dem Rhizobium Leguminosarum. Durch die Pilzsymbiose wird die Leguminose von gebundenem Stickstoff unabhängig gemacht. In letzterem Punkte stimmt also Frank mit Hellriegel überein.

Soviel mir bekannt ist, will man in den Kreisen der Agrikultur-Chemiker die Versuche Franks mit Hafer, Buchweizen, Spergel und Raps nicht als massgebend anerkennen.*)

Professor Liebscher-Göttingen**) untersuchte in Zinkkästen ebenfalls die Frage, ob neben den Leguminosen noch andere chlorophyllhaltige Pflanzen befähigt sind, atmosphärischen Stickstoff zu sammeln. In gutem Rübenboden, humosen Sand, armen Sand und Boden vom Göttinger Versuchsfelde wurden Erbsen, Hafer, Buchweizen und Senf kultiviert; einige Gefässe blieben ohne Pflanzen. Aus den Ergebnissen von 3 Versuchsjahren folgerte Liebscher, dass nicht nur die Leguminosen, sondern auch andere höhere Pflanzen freien atmosphärischen Stickstoff sammeln können, in erster Linie Senf, in geringerem Grade Hafer. Diese Fähigkeit offenbare sich aber nur bei üppigem Wachstume der Pflanzen und zeigte sich daher bei Senf und Hafer nicht, wenn die Stickstoffdüngung ungenügend sei. Diese Versuche gaben Anlass zu einer längeren Polemik zwischen Professor Wagner-Darmstadt und Liebscher in der deutschen landw. Presse 1893 und

---

*) In Biedermanns Centralblatt, 1894, S. 676, nach dem Journal für Landw., 1893 Bd. 41, S. 139. Ferner Biedermanns Centralblatt, 1894, S. 854.

**) In Biedermanns Centralblatt 1891, S. 257 erklärt Professor Kreusler in einer Kritik das von Frank beigebrachte Beweismaterial für nicht völlig genügend.

1894. Die Assimilation atmosphärischen Stickstoffs durch Senf wird von Wagner bestritten; nach seinen Versuchen ist die Erntehöhe des Senfs in stickstoffarmem Boden von der Grösse der Stickstoffdüngung abhängig, ebenso die Wirksamkeit des Senfs als Gründünger. Liebscher wies dann darauf hin, dass die herrschende Theorie der Stickstoffsammlung der Pflanzen nicht alle Erscheinungen zu erklären vermöge. Eine Parzelle des Göttinger Versuchsfeldes hat während der letzten 20 Jahre nur 253,5 kg Stickstoff pro ha im Dünger erhalten, dagegen 1900,2 kg Stickstoff in den Ernte-Erzeugnissen abgegeben und trotzdem noch fortdauernd hohe Ernten mit beträchtlichem Stickstoffgehalte erzielt. Liebscher schreibt dieses einer Nachwirkung der Leguminosen zu; er modifiziert nach seinen letzten Versuchen seine Ansicht dahin, dass Senf direkt wohl keinen atmosphärischen Stickstoff aufnehme, wohl aber befähigt sei, den Knöllchenbakterien der Leguminosen ihren gesammelten Stickstoff zu entziehen, namentlich bei üppigem Wachstum. Er nimmt an, dass die im Boden verbleibenden Knöllchenbakterien auch ohne Symbiose mit Leguminosen Stickstoff aus der Luft aufnehmen können.

Auch Schlösing und Laurent sowie Nobbe sind durch ihre Versuche zu den Ergebnissen gekommen, dass unter den Phanerogamen nur die Leguminosen die Fähigkeit haben, den freien atmosphärischen Stickstoff zu assimilieren und zwar durch die Symbiose mit den Knöllchen-Bakterien.

Ph. Schlösing (Sohn) und E. Laurent*) hatten im Jahre 1890 — wie oben erwähnt — die Bindung atmosphärischen Stickstoffs durch die Leguminosen bewiesen. Sie dehnten im Jahre 1891 ihre Versuche auch auf die Nichtleguminosen Hafer, Senf, Kresse und Spörgel aus; ausserdem wurden Erbsen kultiviert und einige Kulturgefässe wurden nicht besät. Es sollte kein sterilisierter Erdboden, dem nur bestimmte Bakterien zugesetzt werden konnten, benutzt werden, sondern wie bei Franks und Liebschers Versuchen ein Boden mit allen Eigenschaften, welche der natürliche Erdboden besitzt. Zu diesem Zwecke wurden 2000 oder 2500 g eines sandigen, armen Bodens von Montretout genommen, dem 2,5 g Kalk und 5 g einer Mischung mehrerer reicher Erden (Gartenerde, Bodenarten, welche Gramineen, Klee, Lupinen, Bohnen getragen hatten) zugesetzt waren. Ausserdem erhielt diese Versuchserde eine gewisse Menge einer mineralischen Nährlösung, der in einigen Fällen auch ein wenig Kalisalpeter zugesetzt war. Nach dem Aussäen der Samen wurden noch auf jedes einzelne Versuchsgefäss 5 ccm eines Auszuges aus 5 g obengenannter Bodenarten, mittelst 20 ccm Wasser ausgegossen.

Wie im Jahre 1890 wurde auch jetzt, sowohl durch direkte Messung des den Pflanzen zur Verfügung gestellten atmosphärischen Stickstoffs, als auch durch gewichtsanalytische Bestimmung des gebundenen Stickstoffs vor und nach dem Versuche, festzustellen gesucht, wie die Aufnahme des Stickstoffs erfolgt. Die erste, direkte Methode, welche allerdings bei weitem umständlicher in der Ausführung ist als die zweite, verdient entschieden den Vorzug, da sie völlig beweisende Resultate ergiebt; diese Methode macht die Versuche von Schlösing und Laurent so beachtenswert.

---

*) Biedermanns Centralblatt, 1892 S. 396, nach Compt. rend. 1891 T. 113, S. 776.

Die Versuche wurden in zwei Reihen angestellt. In der erst[en] Reihe war mit zwei Ausnahmen nach Beendigung der Versuche ei[ne] gewisse Absorption gasförmigen Stickstoffs, sowohl durch die direk[te] wie die indirekte Methode, nachzuweisen. Die Oberfläche des Erdbod[ens] in den Kulturgefässen war in diesen Fällen aber auch in verschied[ener] Stärke mit grünen niederen Pflanzen — die zu den Cryptogamen o[der] Sporenpflanzen gehören — bedeckt; dieselben bestanden aus Moos[en] und Algen.

In der zweiten Versuchsreihe wurde die Oberfläche der Erde, [um] diese Vegetation unmöglich zu machen, mit einer wenige Millime[ter] dicken Schicht eines geglühten Quarzsandes überstreut. Der Erfo[lg] war, dass jetzt keine Vegetation von Algen und Moosen sich zeigt[e], aber dass auch bei keiner, nicht der Gattung der Leguminosen ang[e]hörigen Pflanze eine Absorption freien Stickstoffs beobachtet wurde. [Es] würde zu weit führen, wenn wir die Zahlen-Ergebnisse dieser Versuc[he] hier wieder geben wollten; die Uebereinstimmung der auf verschiede[ne] Weise erlangten Ergebnisse ist eine zufriedenstellende.

Schlösing und Laurent ziehen folgende Schlüsse aus ihre[n] Versuchen:

1) „Es giebt niedere, grüne Pflanzen, welche atmo-sphärischen Stickstoff zum Aufbau ihres Körper[s] verwenden können."

2) „Unter den gegebenen Versuchsbedingungen habe[n] die nackten Böden, der Hafer, der Senf, die Kresse und der Spörgel keinen freien Stickstoff in mess-baren Mengen aufgenommen; es hat sich aber auf[s] neue gezeigt, dass die Erbsen unter denselben Bedingungen grosse Mengen freien Stickstoffs aus der Atmosphäre sich anzueignen vermögen."

F. Nobbe und L. Hiltner*) haben im Frühjahr 1893 zunächst eine Versuchsreihe mit Senf, und zwar in Sand, mit steigendem Stick-stoffgehalt ausgeführt. Der Ernteertrag hielt mit dem der Menge des Bodenstickstoffs Schritt, und eine Aufnahme des freien Stickstoffs fand nicht statt.

Da aber von anderer Seite betont wird, dass nur in einem nor-malen, guten Boden die Fähigkeit des Senf in Bezug auf den Luft-stickstoff hervortrete, wurde von Nobbe ferner folgender kleine Versuch ausgeführt. Am 15. Juni 1893 wurden 9 5-Liter-Töpfe mit einem Ge-mische von 4329 g Sand und 1000 g Gartenerde gefüllt. Die Erde enthielt pro Topf 3,320 g Stickstoff, davon löslich 0,447 g. Jedem Topf wurde ferner zugesetzt: 0,5 g Chlor-Kalium und 5 g phosphorsaurer Kalk. An demselben Tage erfolgte die Einsaat von je 10 Samen von Erbsen, Senf, Buchweizen und Hafer (je 2 Töpfe); 1 Topf blieb unbestellt.

Das Bodengemisch war sterilisiert und wurde, um die Knöllchen-bildungen bei den Erbsen zu sichern, sowie etwaige sonst mitwirkende Organismen des Bodens einzuführen, mit dem Extrakt aus einer Mischung von Erbsen-, Senf-, Buchweizen- und Hafererde geimpft.

Die Ernte der oberirdischen Organe der Pflanzen fand am 15. Juli statt, zur Zeit, als Senf und Buchweizen zu blühen begannen. Alle 4 Gattungen waren gut gediehen und brachten an

---

*) Landwirtschaftliche Versuchsstationen, Band 45, Heft 1 und 2.

	Trockensubstanz g	Stickstoff g	Stickstoff in % der Trockensubstanz
Erbse	3,620	0,157	4,33
Senf	2,383	0,105	4,40
Buchweizen	2,957	0,121	4,10
Hafer	1,951	0,082	4,23.

Am 27. Juli erfolgte eine zweite Einsaat und zwar, um die denerschöpfung zu beschleunigen, mit je 25 Samen. Nunmehr trat reits ein auffallender Unterschied im Verhalten der Erbsen gegenüber n anderen 3 Gattungen ein. Erstere wuchs wieder so kräftig wie in r ersten Kultur, während Senf, Hafer und Buchweizen schon nach ırzer Zeit deutliche Zeichen von Stickstoffhunger wahrnehmen ssen.

Die Ergebnisse bei der Ernte am 6. September waren:

	Trockensubstanz g	Stickstoff g	Stickstoff in % der Trockensubstanz
Erbse	5,625	0,271	4,80
Senf	3,961	0,109	2,76
Buchweizen	3,096	0,087	2,80
Hafer	4,120	0,132	3,19.

Eine dritte Einsaat (25 Samen) fand endlich statt am 8. September. ie Ernte, am 7. November vollzogen, ergab im Mittel pro Topf:

	Trockensubstanz g	Stickstoff g	Stickstoff in % der Trockensubstanz
Erbse	5,289	0,256	4,83
Senf	0,950	0,023	2,52
Buchweizen	1,216	0,026	2,12
Hafer	2,204	0,047	2,13.

Es wurde dann der Stickstoffgehalt der Wurzeln und des Bodens ach der Ernte bestimmt. Wenn man dann eine Bilanz zieht einerseits wischen dem Stickstoff im ursprünglichen Boden, und andererseits dem Stickstoff der Ernte — oberirdisch und Wurzeln — plus dem Stickstoff m Boden nach der Ernte, so war eine Zunahme des Stickstoffs bei:

Erbse	0,537	g
Senf	0,236	„
Buchweizen	0,255	„
Hafer	0,737	„.

Es hat demnach bei allen 5 Pflanzen eine Zunahme des ursprünglich vorhandenen Stickstoffes stattgefunden; dieselbe war sogar beim Hafer höher, als bei der Erbse.

Wie jedoch aus den Tabellen hervorgeht, hat sich auch bei diesem Versuch allein die Erbse als eine Pflanze bewährt, die den Stickstoff der Luft sammelt; die drei anderen Pflanzen sind trotz der Stickstoffzunahme des Bodens bei der zweiten und dritten Aussaat verkümmert. Es ist also bewiesen:

1) Dass die Erbsen (und jedenfalls alle Bakterienknöllchen tragenden Pflanzen) in Bezug auf die Stickstoffaufnahme thatsächlich eine vollständig isolierte Stellung einnehmen und nicht nur gradweise von den knöllchenfreien Pflanzen verschieden sind;

2) dass die 3 Nichtleguminosen nicht selbst den Stickstoff aufgenommen haben, welcher zur Bereicherung des Bodens führte.

Die Stickstoffzunahme des Bodens bei diesem Versuche, also auch bei Senf, Buchweizen und Hafer ist nach den Untersuchungen von Winogradzky und Berthelot der Wirksamkeit gewisser Bodenbakterien zuzuschreiben, die den Stickstoff der Luft zu assimilieren vermögen. Aber dieser Stickstoff ist den Pflanzen nicht zu gute gekommen.

Nebenbei mag bemerkt werden, dass es Nobbe gelungen ist, auch bei dem knöllchentragenden Oelstrauch (Elaegnus) aus der Familie der Oleastergewächse und bei der Weiss- und Schwarzerle nachzuweisen, dass sie unter Mitwirkung der Knöllchenbakterien den Stickstoff der Luft zu verwerten vermögen.

---

3. Haben Knöllchen-Bakterien, die von verschiedenen Leguminosen-Arten herrühren, auf eine und dieselbe Leguminosenart ungleiche Wirkung?

Hellriegel*) verwendete zu seinen oben beschriebenen Versuchen mit Leguminosen Bodenaufgüsse verschiedener Herkunft. Eine und dieselbe Leguminosen-Spezies wurde sehr ungleich dadurch beeinflusst; ein und derselbe Bodenaufguss wirkte auf verschiedene Leguminosen-Spezies durchaus verschieden. So beförderte der Aufguss von einem vorzüglichen Zuckerrübenboden, in welchem Erbsen und verschiedene Kleearten seit langer Zeit in die regelmässige Fruchtfolge eingeschoben, Serradella und Lupinen aber noch niemals angebaut waren, das Wachstum und den Stickstoffgewinn der Erbsen sicher und in bedeutendem Grade, hatte aber in der geringen Menge, in der man ihn verwendete, für die Entwickelung der Serradella und Lupinen nie die geringste Wirkung. Aus diesen rein objektiven Ermittelungen zog Hellriegel folgenden Schluss:

> „Um den Leguminosen den freien Stickstoff der Atmosphäre
> „für Ernährungszwecke dienstbar zu machen, genügt nicht die
> „blosse Gegenwart beliebiger Organismen im Boden, sondern
> „es ist nötig, dass Arten der letzteren (der Pilze) mit den
> „ersteren in ein symbiotisches Verhältnis treten.“

Frank**) kritisiert die Hellriegelschen Versuche und bemerkt zu dieser Frage:

„Für Hellriegel haben daher die einzelnen Leguminosen ihre spezifisch eignen Bakterien, welche nur in denjenigen Böden vorhanden sind, wo die betreffenden Pflanzen kultiviert wurden.“ Und nun sucht Frank das Irrtümliche von Hellriegels oben angeführtem Satze zu beweisen. Frank sagt, dass Hellriegel in Unkenntnis über die Beobachtungen früherer Forscher gewesen sein müsse und dass die Mangelhaftigkeit der Impfversuche für die betreffende Fragestellung klar auf der Hand läge; denn die Methode des von Hellriegel zur Impfung angewendeten wässerigen Auszuges sei unsicher. Wenn der Pilz nicht übermässig reichlich und nicht überall gleichmässig in einem Ackerboden

---

*) Hellriegel, lt. cit. S. 204.

**) Frank, „Ueber die Wurzelknöllchen der Leguminosen und die Pilzsymbiose dieser Pflanzen“ in dem 4. Hefte des Jahrganges 1891 der „Landwirtschaftl. Jahrbücher.“

erbreitet wäre, wie man es doch wohl erwarten müsse, könne es doch eicht möglich sein, dass gerade die kleine Probe, die davon genommen vorden ist, nicht viel davon enthielte; und es sei möglich, dass der vässerige Auszug daraus vielleicht ganz pilzfrei wäre, da die Keime loch immerhin feste Körperchen sind, die den Bodenteilchen mehr oder veniger anhängen.

Frank führt folgende Gründe gegen Hellriegels Behauptung an:

„Den Fachgelehrten ist es bekannt, dass ich schon vor 10 Jahren iber die Verbreitung des Leguminosen-Mikrobs nähere Ermittelungen ingestellt habe. Da das Vorhandensein von Wurzelknöllchen mit Bakteroiden als ein sicheres Zeichen der eingetretenen Symbiose betrachtet werden kann, so liess sich mittelst dieses Merkmals feststellen, lass die Symbiose der Leguminosen nicht nur über die ganze Erde verbreitet ist, sondern dass die einzelnen Leguminosen-Spezies auch ausnahmslos auf den verschiedensten Standorten und Bodenarten,*) wo sie nur irgend in der Natur vorkommen, ihre Knöllchenpilze finden, insbesondere dass unsere angebauten Leguminosen auf allen Kulturböden ohne Ausnahme mit Knöllchen behaftet gefunden werden."

„Schon diese Thatsachen lassen sich (nach Frank) schlecht zusammenreimen mit der Annahme, dass jede der ungefähr 6000 Leguminosen-Spezies, welche es auf der Erde giebt, ihren eigenen Symbiosepilz besitzt. Ganz unvereinbar damit ist aber der Umstand, dass man an jeder beliebigen Leguminose, die man auf einem und demselben Boden, sobald dies nur ein natürlicher Erdboden ist, ansäet, regelmässig die Wurzelknöllchen entstehen sieht. Man versuche nur auf irgend einem Ackerboden irgend eine ungewöhnliche Leguminosenart, die sicher noch niemals auf demselben gewachsen ist, anzusäen, und man wird sie sicher die Wurzelknöllchen bekommen sehen. Ja sogar, wenn man ausländische Leguminosen in unsere Kulturböden säet, ist der Erfolg derselbe."

„Man hatte wohl in der verschiedenartigen, aber für jede Leguminosenart typischen Form der Bakteroiden, zur Zeit als man diese nur für Pilze hielt, einen Punkt sehen wollen, welcher für die besondere Verschiedenheit der die einzelnen Leguminosen bewohnenden Pilze spricht. Allein die Bakteroiden sind eben nicht die Pilze, sondern sie sind Formgebilde des Zellinhaltes und gerade von solchen sind wir ja gewohnt, sie bei den einzelnen Pflanzenarten in verschiedenen Formen gebildet zu sehen; ich erinnere an die Stärkemehlformen der verschiedenen Pflanzen. Den wirklichen Pilz aber, welcher in den Bakterioden eingeschlossen ist und bei der Resorbtion zurückbleibt, habe ich, wenigstens bei der Erbse und der gelben Lupine, wo ich dies zunächst untersucht habe, von keiner bestimmten Verschiedenheit gefunden. Auch bei den Reinkulturen auf Gelatine traten an dem von der Erbse und von der Lupine entlehnten Pilze keine Merkmale, die einen besonderen Unterschied bedingen könnten, hervor."

Frank bezweifelt kaum, dass in demjenigen Ackerboden, von welchem bei den Hellriegelschen Versuchen eine kleine Probe wässeriger Auszug für Lupinen und Serradella wirkungslos blieb, diese Pflanzen sicher den Symbiosepilz aufnehmen würden, wenn man sie in den Acker selbst säete.

---

*) Dieses ist nach den später mitzuteilenden Versuchen der Moorversuchsstation häufig auf Neuland nicht der Fall.

Auch Lupinenkulturversuche in Glastöpfen sind von Frank ausgeführt, um die Frage zu lösen, ob es einen einheitlichen Pilz giebt, welcher mit allen Leguminosen ohne Unterschied der Art in Symbiose treten kann. Er hat dabei humuslosen, hellen, reinen Sand von einer nicht in Kultur befindlichen Oertlichkeit benutzt, und zwar:

1) Unsterilisiert, ungeimpft;
2) sterilisiert (durch heisse Wasserdämpfe), ungeimpft;
3) sterilisiert und geimpft mit 4 g Boden (nicht Extrakt) von unkultiviertem Sandboden;
4) sterilisiert und geimpft mit 4 g Wiesenmoorboden, auf welchem sicher niemals Lupinen gebaut waren;
5) sterilisiert und geimpft von den sogenannten Lupinenwiesen in Lupitz.*)

Mit Ausnahme des nicht geimpften, sterilisierten Bodens entwickelten sich an sämtlichen Lupinen Knöllchen. Daraus schliesst Frank als unwiderleglich, dass jeder der drei hier geprüften Böden schon, wenn sie in dem geringen Impfquantum einem sterilisierten Boden zugesetzt werden, die Kraft besitze, die Lupine mit dem Pilze zu infizieren und dadurch ihre bessere Entwickelung — als in dem sterilisierten, ungeimpften Boden — zu ermöglichen. Aber die Sicherheit des Impfverfahrens war eine sehr ungleiche und am zuverlässigsten bei der Entnahme des Impfbodens von den Lupitzer Lupinenwiesen. Frank nimmt an, dass auf letzterem Boden der Pilz durch die langjährige Kultur der Lupine in so ungeheuren Massen gezüchtet ist, dass die kleinste Spur dieses Bodens den Pilz sicher enthält.

Demzufolge sprechen diese Versuche nach Frank nicht für die Hellriegelsche Ansicht, dass jede Leguminose ihren besonderen Symbiosepilz besitzt, sondern im Gegenteil dafür, dass es ein einheitlicher Pilz ist, welcher mit allen Leguminosen ohne Unterschied der Art in Symbiose treten kann und in allen Böden vorhanden ist, allerdings in ungleicher Häufigkeit nach Massgabe der bis dahin auf dem Boden gewesenen Leguminosen-Vegetation.

Jedoch hält es Frank für möglich, dass die Kraft des Pilzes, welche derselbe auf die Pflanze ausübt, je nach den verschiedenen Bodenarten eine verschieden grosse sein könnte. Es liesse sich nämlich entweder denken, dass der Pilz in einem Boden, wo er jahrelang keine Leguminose findet, aus Unmöglichkeit seine Wirkung auszuüben, seine Kraft zu gebrauchen verlerne. Oder man könne sich denken, dass durch fortwährende Kultur einer bestimmten Leguminosenfrucht auf einem und demselben Boden der dort lebende Pilz gerade dieser einer Pflanzenart sich mehr und mehr anbequemte und dadurch für diese besonders wirkungskräftig, für eine andere Leguminosenart aber zunächst minder tüchtig sich erwiese; dadurch würde aber keineswegs eine besondere Verschiedenheit des Pilzes je nach den Leguminosenarten behauptet sein, sondern es würde sich mehr um Züchtung von Varietäten oder Rassen des allgemeinen Leguminosenpilzes handeln. —

Die Versuche, welche von Professor F. Nobbe und Dr. L. Hiltner in den letzten Jahren an der pflanzenphysiologischen Versuchsstation Tharand zur Klärung dieser

*) Es wäre interessant gewesen, wenn Frank Pferdebohnen mit Impferde von Lupitzer Boden gezogen hätte.

Frage über die Wirkungskraft der Knöllchenbakterien auf die verschiedenen Leguminosen ausgeführt haben, bieten nicht nur ein wissenschaftliches Interesse, sondern sind auch für die grössere Praxis der Bodenimpfung von grösster Wichtigkeit. Diese Versuche sind näher beschrieben und begründet in dem 39. und 42. Bande der „Landw. Versuchsstationen.“ Bei der Bedeutung dieser Versuche geben wir hier ein Referat von Nobbe aus der Hannov. Land- und Forstwirtschaftlichen Zeitung, Jahrgang 1894, S. 79, wieder.

„Es ist in dem früheren Berichte darauf hingewiesen, dass die aus den Knöllchen verschiedener Leguminosen in Reinkultur*) gewonnenen Bakterien in ihren physiologischen Eigenschaften von einander stark abweichen, insofern sie in die Wurzeln jener Pflanzengattungen, aus denen sie stammen, mit Leichtigkeit eindringen und dadurch zu den nützlichen Knöllchenbildungen Veranlassung geben, während sie auf nächst verwandte Gattungen in geringerem Masse, auf entfernter stehende dagegen meist gar nicht wirken. Durch einige von den zahlreichen und vorliegenden Versuchs-Ergebnissen soll diese Thatsache näher begründet werden:

„Im Jahre 1890 zogen wir in einem völlig stickstofffreiem, ausgeglühten, mit den sonstigen Mineralstoffen genügend versehenen Quarzsande, in zahlreichen Töpfen Erbsenpflanzen und Robinien (Robinia Pseudacacia). Der Sand verschiedener Töpfe wurde bald nach dem Einsetzen der Keimlinge mit Reinkulturen von Erbsen- bezw. Robinien-Knöllchenbakterien geimpft in der Weise, dass eine Kolonie dieser Bakterien in dem Begiesswasser zugegeben wurde. Während die nicht geimpften Pflanzen infolge des Stickstoffmangels bald nach der Aufzehrung des dem Samen entstammenden Reservematerials sichtlich zu hungern begannen und kaum mehr Zuwachs zeigten, führte die Impfung der Erbsen mit Erbsenbakterien, sowie der Robinien mit Robinienbakterien, zu einer so auffallenden Förderung der Pflanzen, dass der Stickstoffgehalt des Ernteproduktes den der ausgesäten Samen um mehr als das Hundertfache übertraf. Dagegen verhielten sich jene Erbsen, welche mit Robinienbakterien, und ebenso die mit Erbsenbakterien geimpften Robinien genau wie die garnicht geimpften Pflanzen; bei der Ernte fand sich, dass hier Knöllchenbildung vollständig unterblieben war.“ **)

„Dieses auffallende Ergebnis, welches eine tiefgreifende Verschiedenheit der Robinien- und Erbsenbakterien bekundete, suchten wir in den nächsten Jahren durch ausgedehntere Versuche zu erweitern; wir prüften zu diesem Zwecke einerseits das Verhalten der aus Knöllchen von Erbsen bezw. Robinien gewonnenen Bakterien zu zahlreichen Leguminosen-Gattungen; anderseits wurden Impfungen mit Reinkulturen verschiedener anderer Knöllchenbakterien vorgenommen. Die zwei sich hieraus ergebenden Versuchsreihen wurden sowohl in reinem (sterilem), mit Nährstoffen durchtränkten Sande, als in einem Gemisch von Sand

---

*) Zur Herstellung der Reinkulturen von Knöllchenbakterien wurden die betreffenden Knöllchen durch Eintauchen in 0,1 % Sublimatlösung von oberflächlich anhaftenden Keimen befreit, nach dem Auswaschen in keimfreiem Wasser mit einem sterilen Messer durchschnitten und die mittelst einer Platinnadel entnommenen kleinen Mengen des Bakteroidengewebes teils in Wasser verteilt und nach dem Gelatine-Verfahren weiter behandelt, teils direkt zur Herstellung von Strichkulturen verwendet.

**) Die Photographien dieser Pflanzen sind in dem 39. Bande der landw. Versuchsstationen abgebildet.

und Gartenerde durchgeführt unter Bedingungen, welche einen Zutritt anderer, als der absichtlich eingeimpften Bakterien ausschlossen.

„Wir wollen an dieser Stelle nur auf die erstere Reihe näher eingehen. Die Erbsen- und Robinien-Knöllchenbakterien erwiesen sich hierbei als vollständig wirkungslos bei den Hedysareen (Serradella), Genisteen (Besenginster), Cytisus, Lupine, Wundklee und Trifolieen (Rotklee, Inkarnatklee, Steinklee, Luzerne, Gelbklee, Hornklee); empfänglich für beide, aber für Erbsenbakterien mehr als für die von der Robinia stammenden, zeigten sich die Phaseoleen (Gartenbohne, Ackerbohne). Die Impfungen mit Robinienbakterien hatten ausserdem nur bei Robinia selbst Knöllchenbildung und damit verbundene mächtige Förderung zur Folge; selbst bei dem der Robinia nahe verwandten Blasenstrauch (Colutea arborescens) erzeugten sie keine Knöllchen. Völlig versagten sie die Wirkung auch bei sämtlichen Viciaceen (Pferdebohne, Zottelwicke, rauhhaarige Wicke, Linse, Erbse), welche durch die wiederum bei Robinia unwirksamen Erbsenbakterien ausnahmslos sehr erheblich gefördert wurden.“

„Das völlig entgegengesetzte Verhalten der Erbsen- und Robinienbakterien trat demnach auch bei diesen Versuchen sehr scharf hervor. Letztere aber lassen zugleich erkennen, dass zwischen den fraglichen Bakterien auch noch Unterschiede in einer anderen Beziehung sind. Während die Erbsenbakterien in die Wurzeln aller jener Pflanzenarten einzudringen vermochten, welche, wie die Erbse selbst, zu den Viciaceen gehören, beschränkte sich die Wirkung der Robiniabakterien innerhalb der Gruppe, zu welcher diese Gattung gehört, auf diese allein. Man könnte daraus schliessen, dass die in den Knöllchen der Robiniawurzeln lebenden Bakterien sich noch mehr an ihre Wirtspflanzen angepasst haben als die Erbsenbakterien, und hiermit gelangen wir bereits zu der wichtigen Frage nach der Ursache einer so verschiedenen Wirkung.“

„Sind die Erbsen- und Robiniabakterien zwei verschiedene Arten (oder Varietäten) oder lediglich Anpassungsformen einer und derselben Art? Wir hegen nicht mehr den geringsten Zweifel, dass das letztere der Fall ist. Nicht nur die Robinien- und Erbsenbakterien, sondern alle von uns geprüften Knöllchenbewohner der verschiedenen Leguminosen-Gattungen, selbst der Mimosaceen,*) repräsentieren eine Art: Bakterium radicicola Beyerinck; dieselbe wird jedoch durch die Pflanze, in deren Wurzeln sie lebt, so energisch beeinflusst, dass ihre Nachkommen volle Wirkungsfähigkeit nur noch für jene Leguminosenart besitzen, zu welcher die Wirtspflanze gehört, für alle übrigen dieselbe mehr oder minder verlieren.“

„Die volle Richtigkeit dieses Satzes zu beweisen, reichen die bisher besprochenen Versuche noch nicht völlig aus. Der entgegengesetzen Annahme, dass die Erbsen- und Robinienbakterien verschiedenen Arten angehören, sind sie jedoch durchaus ungünstig. Es wäre doch zu merkwürdig, dass eine dieser „Arten“ einer ganzen Gruppe der Leguminosen, nämlich den Viciaceen, gemeinsam ist, während die andere innerhalb der Gruppe, zu welcher Robinia gehört (Galegaceen) ihre Wirkung auf

---

*) Die Mimosaceen (Sinnpflanzen) bilden eine Unterabteilung der Leguminosen.

diese Art allein beschränkte. Und wie liesse es sich ferner erklären, dass trotzdem die Robinienbakterien bei den einer ganz anderen Gruppe angehörenden Phaseolus-Arten Knöllchen erzeugten? Das Auffällige dieser Beobachtungen schwindet vollständig, wenn wir die Erbsen- und Robiniabakterien als Anpassungsformen betrachten. Der Einfluss der mehrjährigen Robinienpflanzen auf die in ihren Wurzeln lebenden Bakterien wird stärker sein als jener der Erbsen, die Anpassung wird also eine vollkommenere; dass aber die Bohnen durch Robiniabakterien zur Knöllchenbildung angeregt wurden, ist eine Folge von der überaus grossen Empfänglichkeit dieser Gattung für Infektion. Bei Leguminosen, welche, wie die Bohnen, besonders zur Knöllchenbildung geneigt sind — wir zählten an einer einzigen Seitenwurzel von Phaseolus vulgaris 123 grosse Knöllchen — macht sich der Einfluss der Anpassung der Bakterien an eine andere Art nicht in dem hohen Grade geltend, wie bei solchen, die, wie Colutea, verhältnismässig wenig Knöllchen bilden.“

Ein wissenschaftlich genügender Beweis für die Zugehörigkeit der Erbsen- und Robinienbakterien zu einer gewissen Art ist erbracht, wenn es gelingt, beide in einander überzuführen, d. h. durch Impfung mit Robiniabakterien bei der Erbse Knöllchen zu erzeugen und umgekehrt. Unter gewissen Verhältnissen erfolgt nun diese heterogene Knöllchenbildung thatsächlich. Wir müssen hier kurz darauf hinweisen, dass wir die Knöllchenbakterien für Schmarotzer halten, deren Eindringen seitens der Pflanzen ein gewisser Widerstand entgegengesetzt wird.“

„In einer kürzlich erschienenen Abhandlung haben wir nachgewiesen, dass es den Bakterien um so leichter gelingt, in die Wurzeln von Leguminosenpflanzen einzudringen, je ungünstiger die letzteren (mit Stickstoffverbindungen) ernährt, je lebenskräftiger andererseits die Bakterien sind. Unter diesen beiden Bedingungen haben wir bei Robinia durch Erbsenbakterien eine allerdings schwache Knöllchenbildung eintreten sehen; selbst eine Mimosacee, Acacia Lophanta, bildete bei der Infektion sowohl mit Erbsen- als mit Robinienbakterien Knöllchen. Dieselben blieben allerdings sehr klein und führten nicht zu einer Förderung der Pflanzen, aus Gründen, die wir an der angegebenen Stelle ausführlich entwickelten; doch ist dies für die uns hier vorliegende Frage weniger von Bedeutung.“

„Da die betreffenden Bakterien sich auch ausserhalb des Pflanzenkörpers — wie die Reinkulturen auf Gelatine, Agar-Agar u. s. w. beweisen — zu vermehren vermögen, ist ein allgemeines Vorkommen derselben auch in solchem Boden vorauszusetzen, welcher seit längerer Zeit Leguminosen nicht getragen hat, in welchem mithin eine Anpassung an eine bestimmte Gattung nicht erfolgen konnte. Aus der allgemeinen Verbreitung derartiger, gewissermassen neutralen Bodenbakterien erklärt sich denn auch zwanglos die Erfahrung, dass bei der Aussaat einer noch niemals an einem Orte angebauten Leguminose (Acacia Lespedeza) unter Umständen eine Knöllchenbildung eintritt. Schon Frank hat auf diese Thatsache hingewiesen und aus derselben den Schluss gezogen, dass unmöglich jede der zahlreichen Leguminosenarten eine besondere Art von knöllchenerzeugenden Bakterien besitzen könne. Dieser Forscher giebt auch bei einer nach den Ergebnissen unserer Forschungen unberechtigten Kritik der Hellriegelschen Arbeiten die Möglichkeit zu, dass gewisse Kulturrassen der Bakterien existieren; er

hält diese Annahme jedoch für durch nichts bewiesen. Indem wir an der Hand unserer Versuchsergebnisse aus dem Stadium blosser Vermutungen heraustreten, ist uns aber auch die Möglichkeit gegeben, zu erweisen, dass dieser interessante Anpassungsvorgang von nicht zu unterschätzender Tragweite für die landwirtschaftliche Praxis ist."

„Eine Leguminose bildet bei der Aussaat in einem beliebigen Boden nur dann Knöllchen an ihren Wurzeln, wenn in demselben die neutrale oder gerade die der betreffenden Pflanzenart entsprechende Bakterienform vorhanden ist; das erstere wird (häufig) der Fall sein, wenn in diesem Boden noch nie oder doch seit längerer Zeit nicht mehr Leguminosen gewachsen sind. In einer Erde jedoch, welche bereits durch einen dichten Leguminosenbestand an neutralen Bakterien mehr oder minder erschöpft ist, wird eine darauf folgende andere Leguminose, welche zu der vorhergegangenen nicht in naher verwandtschaftlicher Beziehung steht, keine Knöllchen mehr erzeugen, oder die Knöllchenbildung tritt wenigstens so spät und mangelhaft ein, dass sie für die Stickstoffernährung der Pflanzen von geringem Werte ist."

„Zum Beweise hierfür sei eine kleine, zufällige Beobachtung angeführt, die wir im Jahre 1891 machten. Wir hatten im Freiland eine Reihe von etwa 20 Keimlingen von Acacia Lophanta eingesetzt auf einer bisher unbenutzt gebliebenen Fläche, deren Ränder durch Vicia sepium seit einer Reihe von Jahren verunkrautet waren. Bei der Ernte zeigten die meisten Acaciapflänzchen Knöllchen; nur diejenigen erwiesen sich frei von solchen, welche in der Nähe der reichlich Knöllchen tragenden Wicken zu stehen gekommen waren."

„Ebenso werden auf einem Felde, das z. B. Erbsen getragen hat, Klee, Serradella oder Lupinen garnicht oder nur mangelhaft Knöllchen bilden, welche den freien atmosphärischen Stickstoff sammeln, selbst wenn im übrigen alle Erfordernisse zu einer gedeihlichen Entwickelung der Pflanzen gegeben sind."

„Es bleibt weiteren Versuchen vorbehalten, festzustellen, wie lange — wenn wir bei dem gewählten Beispiele stehen bleiben — die durch die Erbsenkultur an die Erbsen angepassten Bakterien des Feldes ihre Abneigung, mit Klee u. s. w. ein symbiotisches Verhältnis einzugehen, beibehalten. Schon jetzt können wir mit Bestimmtheit annehmen, dass der hier in Frage kommende Zeitraum mehr als ein Jahr beträgt. Hierfür sprechen jene Versuche, welche von uns und schon vorher von Hellriegel über die Wirkung von Erdextrakten angestellt wurden. (Siehe oben). Aehnliche Versuche liegen vor von Dr. Salfeld-Lingen und Prof. Fruwirth-Mödling." (Siehe bei den Bodenimpfungsversuchen.)

„In dem trockenen Sommer von 1893 ist es vielfach vorgekommen, dass, während die ursprünglich vorhandene Gründüngungssaat eingegangen war, dafür eine zweite mit einer anderen Leguminose angesäet wurde; nur in dem Falle, wo thatsächlich die erste Saat vollständig missglückte, so dass noch keine Anpassung der Knöllchenbakterien stattgefunden hatte, dürfte die zweite Aussaat einer anderen Leguminosen-Gattung von dem gewünschten Erfolg begleitet gewesen sein."

„Für den Landwirt ergiebt sich aus vorstehenden Ausführungen die Notwendigket, beim Anbau von Leguminosen durch Ausstreuen von entsprechender Impferde dafür Sorge zu tragen, dass die jugendlichen Pflänzchen rechtzeitig und kräftig Knöllchen zu bilden vermögen. Die Impferde ist mithin von solchem Boden zu entnehmen, welcher im Vorjahre die betreffende Leguminosen-Gattung getragen hat: für anzubauende Lupinen also von Lupinenboden, für Erbsen von Erbsenboden, für Klee von Kleeboden.

Inwieweit die Bakterien verwandter Gattungen gegenseitig wirksam für einander eintreten können, bedarf noch einer vollkommeneren Klarstellung auf dem Wege des Versuches. Als gegenseitig wirksam können wir auf Grund unserer bisherigen Reinkultur-Versuche bereits bestimmt bezeichnen: Erbsen- und Wickenbakterien. Und ebenso bestimmt unwirksam sind die Erbsen- (bezw. Wicken) Bakterien auf Serradella, Robinie, Rot-, Wund- und andere Kleearten. Wohl haben wir in einzelnen Fällen auch den Auszug von Boden, auf welchem eine minder nahestehende Leguminose gewachsen war, in gewissem Grade wirksam gesehen: es wird hier in dem Auszuge (im Gegensatz zur Reinkultur-Impfung) neben der jener Leguminosen angepassten, auch die ursprüngliche „neutrale“ Bodenform des Bazillus noch in geringer Menge vorhanden gewesen sein; — immer aber trat die Knöllchenbildung dann viel später ein, als bei Verwendung eines vollkommen entsprechenden Auszuges, und die betreffenden Pflanzen blieben in ihrem Ernteergebnis weit hinter den andern zurück.“

„Unsere Versuche gestatten noch eine zweite praktische Folgerung. Fast in jedem landwirtschaftlichen Blatte begegnen wir seit einigen Jahren Berichten über vergleichende Anbauversuche mit verschiedenen Stickstoffsammlern; auch wissenschaftlich genau anlegte und durchgeführte Versuche dieser Art liegen in ausführlicher Beschreibung vor. Vergleicht man die Angaben der verschiedenen Berichterstatter, so fällt auf, dass dieselben durchaus nicht immer übereinstimmen. Der eine hat mit Serradella glänzende Erfolge erzielt, bei dem anderen bleiben die Pflanzen so klein, dass sie nicht die Mühe der Aussaat lohnen; hier steht die gelbe Lupine in der Reihe der geprüften Pflanzenarten in Bezug auf den erzielten Stickstoffgewinn weit obenan, dort will sie kaum gedeihen. Mögen nun auch hier noch verschiedene andere unbekannte Umstände auf den Erfolg mit eingewirkt haben, so glauben wir doch, dass das Ergebnis aller dieser Versuche ganz wesentlich von der Anpassungsform der in dem jeweilig verwendeten Boden vorhandenen Bakterien abhing. Da aber dieser wichtige Faktor bei fast allen bisherigen vergleichenden Versuchen vollständig unberücksichtigt blieb, so müssen auch deren Ergebnisse als nicht völlig einwandfrei bezeichnet werden.“

„Um die bedeutsamen Beobachtungen der Neuzeit, betreffend die Knöllchenbakterien, für die Leguminosenkultur und die Gründüngungen der grossen Praxis wirklich fruchtbar zu machen, ist es unerlässlich, dass eine rationelle Impfung des Bodens für Leguminosen sich

einbürgere als eine selbstverständliche Kulturmassregel, welche an Wichtigkeit der Mineralstoffdüngung des Bodens nicht nachsteht."

---

4. Sonstige wichtige Beobachtungen bei den Gefässkulturen mit Leguminosen.

Nobbe machte einen Versuch über die Verbreitungsfähigkeit der Knöllchenbakterien im Boden: „Die Beobachtung, dass die Wurzelknöllchen in unseren Versuchen sich in der Regel nur in den obersten Erdschichten, etwa im oberen Drittel des Wurzelkörpers, vorfinden, selbst wenn der Wurzelkörper solche zu Tausenden enthält, scheint eine geringe freiwillige Verbreitungsfähigkeit der Bakterien anzudeuten. Durch die Bearbeitung des Kulturbodens werden dieselben ohne Zweifel in grössere Tiefen befördert, während im vorliegenden Falle die Impfung nur von der Oberfläche des Bodens aus erfolgte."

Nobbe erklärt hieraus zugleich die geringe Wirkung einer verspäteten Impfung mit Bakterien; denn die jüngeren infektionsfähigen Wurzeln haben sich dann in grösserer Bodentiefe entwickelt und können von Bakterien nicht mehr erreicht werden.

Durch einen genauen Versuch Nobbes wurde die Vermutung von der geringen freiwilligen Verbreitungsfähigkeit der Knöllchenbakterien im Boden bestätigt.

Bei trockener Aufbewahrung der Impferde wird die Lebensfähigkeit der Knöllchenbakterien bedeutend geschädigt. Nobbe bereitete zu seinen Impfversuchen im Jahre 1890 verschiedene Erdextrakte; im Mittel mehrerer Versuche enthielten die verschiedenen Erdextrakte, auf 1 ccm derselben berechnet:

	Entwickelungsfähige Keime überhaupt	davon dem Bacillus radicicola Beyer. entsprechend
von Erbsenerde	1 980 000	78 000
„ Lupinenerde	156 000	—
„ Robinienerde	880 000	78 000
„ Gleditschienerde	340 000	40 000
„ Cytisuserde	1 300 000	143 000

Die Lupinenerde enthielt also die wenigsten lebensfähigen Bakterien, und Knöllchenbakterien überhaupt nicht. Die Lupinenerde war vor ihrer Anwendung mehrere Monate trocken aufbewahrt; es ist dadurch die Erklärung für den gänzlichen Mangel an lebensfähigen Knöllchenbakterien wie auch für die völlige Unwirksamkeit dieses Lupinenerde Extraktes als Impfmaterial bei allen Versuchen Nobbes gegeben.

Eine ähnliche Beobachtung machte ich bei Bitterwicke und Pisum arvense (Peluschke) auf neukultiviertem Hochmoor mit Impferde, die ich etwa fünf Jahre früher aus der holländischen Marsch bezogen hatte und die seitdem unter Eichen trocken lag. Diese Impferde blieb beinahe unwirksam; dagegen hatte sie im ersten Jahre nach ihrem Bezuge bei Peluschke vorzüglich gewirkt. Es darf also Impferde nicht trocken aufbewahrt werden; sie muss in der Weise verwendet werden, dass die Lebensfähigkeit der Bakterien nicht leiden kann.

Wenn Leguminosen in einem stickstoffarmen Boden gebaut werden, zeigen stets im Vergleiche zu den nicht mit Wurzelknöllchen und dem Pilze versehenen Pflanzen die in Symbiose befindlichen — also mit Wurzelknöllchen und Pilzen versehenen — unter im übrigen gleichen äusseren Bedingungen folgende Erscheinungen:

a. bedeutendere Wachstumsgeschwindigkeit und Wachstumsgrösse,
b. reichlichere Bildung von Chlorophyll (Blattgrünkörner),
c. damit im Zusammenhange reichlichere Assimilation von Kohlenstoffverbindungen aus der Kohlensäure der Luft unter dem Einflusse des Lichtes,
d. gesteigerte Assimilation von atmosphärischem Stickstoff.

Als Folge aller dieser Erscheinungen ergiebt sich ein höherer Gesamtertrag der Pflanze. Darin stimmen alle Beobachtungen an erfolgreich geimpften Leguminosen im stickstofffreien und stickstoffarmen Boden überein.

Der Kohlenstoff macht bekanntlich den Hauptbestandteil aller Phanerogamen (Blütenpflanzen) aus. Er kann nicht in reichlicher Menge aus der Kohlensäure der Atmosphäre assimiliert werden, wenn die Pflanzen mittelst der Wurzeln nicht genügend die übrigen Pflanzennährstoffe aufnehmen können, oder wenn es der Pflanze an Feuchtigkeit, Luft, Wärme und Licht fehlt. Unter den Pflanzennährstoffen ist der Stickstoffdünger der teuerste; darum ist es für den landwirtschaftlichen Betrieb von der grössten Bedeutung, dass für die Pflanzen mit Schmetterlingsblüten der freie Stickstoff der Atmosphäre unerschöpflich und kostenlos zur Verfügung steht.

Nobbe fand bei seinen Versuchen,*) dass die in stickstofffreiem Boden lediglich unter dem förderlichen Einflusse der Impfung erwachsenen Robinien eine ganz wesentlich höhere Trockensubstanz und Stickstoffmenge enthalten, als die mit Ammoniak bezw. Salpetersäure reichlich gedüngte Versuchsreihe der Robinien. Das Verhältniss des Stickstoffgehaltes war ungefähr = 100 : 322.

Eine andere Beobachtung an geimpften Pflanzen, die in Kulturgefässen gemacht wurde, ist ebenfalls von Interesse. Hellriegel und Nobbe**) beobachteten die Erscheinung, dass der Aufschwung, welcher durch Bakterienknöllchen hervorgerufen wird, sich am meisten bei der Bildung der Wurzeln, Stengel und Blätter bemerkbar macht, und dass die Blüten- und Fruchtbildung hierdurch verzögert wird. Nach Nobbe ist demnach die Wirkung der Bakterien weniger für den Samenertrag der Leguminosen als für ihren Futterbau und zu Gründüngungszwecken von praktischer Bedeutung.

Zusammengefasste Ergebnisse aus den Ermittelungen der Versuchsstationen über die Stickstoffernährung der Kulturpflanzen.

1) Die Leguminosen verhalten sich bei der Aufnahme ihrer Stickstoffnahrung von den übrigen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen grundsätzlich verschieden.

---

*) Nobbe, Landw. Versuchsstationen, 1891, S. 341.
**) Nobbe, Landw. Versuchsstationen, 1891, S. 335 und 356.

2) Die Nichtleguminosen sind mit ihrem Stickstoffbedarf allein auf die im Boden vorhandenen assimilierbaren Stickstoffverbindungen (salpetersaure Salze) angewiesen.
3) Den Leguminosen steht ausser den Stickstoffverbindungen des Bodens noch durch die Mitwirkung der Knöllchenbakterien die sehr ergiebige Quelle des freien, elementaren Stickstoffs der Atmosphäre zur Verfügung.
4) Es giebt wahrscheinlich nur eine Art (Spezies) dieser Knöllchenbakterien; sie wird jedoch durch die Pflanze, in deren Wurzeln sie lebt, so energisch beeinflusst, dass ihre Nachkommen wegen dieser Anpassung volle Wirkungsfähigkeit meistens nur noch für jene Leguminosengattung zu besitzen scheinen, zu welcher die Wirtspflanze (die betreffende Leguminose) gehört, für alle übrigen Leguminosengattungen aber mehr oder weniger verlieren.
5) Die freiwillige Verbreitungsfähigkeit der Knöllchenbakterien im Boden selbst ist sehr gering.
6) Durch trockene Aufbewahrung von Erdextrakten und Impferden wird die Lebensfähigkeit der Knöllchenbakterien bedeutend geschädigt.
7) In stickstoffarmen Bodenarten wird bei den Leguminosen durch die Knöllchenbakterien unter übrigens günstigen Ernährungsbedingungen nicht nur eine gesteigerte Stickstoff-Aufnahme bezw. reichlichere Bildung von Proteïn, sondern auch im Zusammenhange damit geschwinderes Wachstum, reichlichere Bildung von Chlorophyll und Assimilation von Kohlenstoff aus der Luft, und überhaupt grössere Produktion von Trockensubstanz erzielt.
8) Die Wirkung der Symbiose scheint weniger für die Samenbildung als für die reichliche Produktion der übrigen Pflanzenteile von Bedeutung zu sein, weil die Blüten- und Fruchtbildung durch die Anreizung der Bakterien verzögert wird.

III. Boden-Impfungs-Versuche im landwirtschaftlichen Betriebe.

Nach dem Bekanntwerden der ersten Versuche Hellriegels über die grosse Bedeutung, die die Knöllchenbakterien bei der Ernährung der Leguminosen mit atmosphärischem Stickstoff haben, konnte man die Frage aufwerfen:

„Giebt es Naturboden, der so arm an diesen Bak-„terien ist, dass eine Boden-Impfung geboten „erscheint?“

Denn Hellriegels Versuche waren in Boden ausgeführt, in dem zunächst alle lebensfähigen Bakterien durch Sterilisieren getötet waren.

Hellriegel und Frank scheinen zuerst geneigt gewesen zu sein, diese Frage zu verneinen; man nimmt an, dass Bakterien durch Windströmungen leicht und weit verbreitet werden.

Für meine besondere Aufgabe im Jahre 1887 und in den folgenden Jahren erschienen Hellriegels Versuche wie ein rettender Engel aus grosser Klemme. Gedrängt von dem damaligen Vorsitzenden der Central-Moor-Kommission Unterstaatssekretär von Marcard hatte ich die Aufgabe übernommen, im grossen Bourtanger Hochmoor in der Gegend von Meppen, an dem im Bau begriffenen Süd-Nord-Kanal auf einer Fläche von etwa 56 Morgen, die teils mit Heide bestanden, teils in den letzten Jahren durch Brandkultur mehr oder weniger erschöpft war, eine Versuchswirtschaft zu errichten, in der ohne Ankauf von Futter und Stallmist der Betrieb lediglich mit Aetzkalk und Kunstdünger beginnen musste. Ein Kolonist sollte dort anfänglich aus Mitteln der Moor-Versuchsstation unterstützt werden und dann dort seine Existenz finden.

Ein von mir in den Grundzügen vorgelegter Wirtschaftsplan fand die Billigung des Vorstehers der Moor-Versuchsstation Professor Dr. Fleischer und der Central-Moor-Kommission. Im allgemeinen sollten sämtliche Flächen pro ha 4000 kg Aetzkalk bei der Brachbearbeitung der Urbarmachung erhalten. Es sollten auf den entfernteren und feuchter liegenden Flächen des Kolonates Dauerwiesen mit Klee und Gräsern angesäet werden. Für das ständige Ackerland sollte ein Fruchtwechsel zwischen Halmfrüchten und Blattgewächsen auf 9 Schlägen durchgeführt werden; ein Ackerschlag sollte jährlich mit Kleegras, und ein Ackerschlag mit Pferdebohnen und Erbsen bestellt werden. Auf Moorboden erscheinen nach und nach viele Unkräuter, noch mehr aber nach Aetzkalk, Mergel und reichlicher Düngung. Ein Hauptmittel, diese Unkräuter siegreich zu bekämpfen, schien in einem verständigen Fruchtwechsel zu liegen, der bekanntlich noch andere günstige Einwirkungen auf die Halmfrüchte und den ganzen Wirtschaftsbetrieb äussert.

Wie schon vorhin erwähnt wurde, war es der Moor-Versuchsstation schon in den vorher gegangenen Jahren gelungen, auf kleineren neukultivierten Hochmoorflächen an anderen Orten in der Mehrzahl günstige Erfolge mit Kleegras — teilweise unter Zuhülfenahme einer Stickstoffdüngung von 100 kg Chilisalpeter pro ha — zu erzielen. Ohne Stickstoffdüngung wuchsen aber in der Regel die Klee-Arten im ersten Jahre nur dürftig, entwickelten sich dann allmählich nach 1—2 Jahren ziemlich günstig; häufig traten aber im ersten Jahre auch totale Misserfolge mit Klee ein, die damals von mir den Witterungsverhältnissen zugeschrieben wurden, weil ich in die Wirkung der Knöllchenbakterien noch keine Einsicht hatte.

Es war der Moor-Versuchsstation damals in der Regel gelungen, mit Pferdebohnen und Erbsen auf altkultiviertem Hochmoor — wo mehrfache Stallmistdüngungen bei den Vorfrüchten vorausgegangen waren — mit Aetzkalk, Mergel, Kainit und Phosphaten befriedigende Ergebnisse zu erzielen; auf Neukulturen wollten diese Pflanzen ohne reichliche Stickstoffdüngung nicht gedeihen. Ich machte daher in dem Kulturplane den Vorschlag, in den ersten Jahren statt Pferdebohnen und Erbsen die altbekannte Moorpflanze Buchweizen zu bauen. Da machte ich in einer anderen Hochmoorgegend die unliebsame Erfahrung, dass der Buchweizen eine grössere Kalkgabe von 4000 kg pro ha nicht vertragen kann — eine Erscheinung, die schon von Sprengel erwähnt und durch spätere genaue Vegetationsversuche der Moor-Versuchsstation

[illegible] Erklärung gefunden hat. Und doch erschien eine Minderung [illegible] Kalkgabe im Interesse des Kleebaues nicht ratsam.
In dieser Verlegenheit befand ich mich, als ich im November [illegible] in der Sitzung der Königlichen Landwirtschafts-Gesellschaft in [illegible] die erste Kunde von den Hellriegelschen Versuchen bei Leg[illegible] mit Erd-Extrakten erhielt. Auf der Heimfahrt ging mir immer [illegible] Gedanke durch den Kopf: „Das ist dein einziger Rettungsanker, [illegible] bei Bohnen, Erbsen, Peluschke und Wicklinse (Ervum [illegible] mit der Boden-Impfung versuchen.“ Aber heimlich wollte [illegible] zunächst diese Versuche machen, um mich nicht mit dieser noch [illegible] erscheinenden Idee zu blamieren; denn Prof. Drechsler [illegible] noch an der endgültigen Lösung der grossen Stickstoff-[illegible] zweifeln. So schritt ich denn zu dem ersten Versuche mit der Boden-Impfung.

Es wird nun zweckmässig sein, dass ich die mir bekannt ge-[illegible] Boden-Impfversuche je nach den benutzten Bodenarten und [illegible] in Gruppen bringe. Es wird dadurch erleichtert, Schluss-[illegible] zu ziehen.

1. Versuche auf Hochmoor-Neuland.

[illegible] Versuche der Emsabteilung der Moor-Versuchsstation mit Pferdebohne, grauer ostpreussischer Erbse, Felderbse, Peluschke (Pisum arvense), Wicklinse (Ervum Monanthos).

Versuch der Ems-Abteilung der Moor-Versuchsstationen im Jahre 1887, in der Gr. Fullener Versuchswirtschaft.

Die Versuchsfläche war in den Jahren 1884 und 1885 zur Brandkultur benutzt; im Herbst 1885 wurden die früheren kleinen Gräben zugeworfen und rechtwinklich gegen die früheren neue Gräben gezogen. Im Sommer 1886 wurde die Oberfläche zunächst planiert und dann mit sorgfältiger gleichmässiger Verteilung der Aetzkalk gegeben und durch dreimalige, jedesmal tiefere Bearbeitung mit der neuen Ackerkrume von 20 cm Tiefe vermischt.

Düngung pro ha 4000 kg Aetzkalk
im Herbst 1886 { „ 160 „ Kali in Kainit
„ 120 „ Phosphorsäure in Thomasphosphatmehl.

Am 18. April wurden bei allen Hülsenfrüchten je 8 Streifen von 3,33 m Breite abgesteckt. Der Versuchsplan war folgender:

a ohne Chilisalpeter und ohne Impferde
b mit Chilisalpeter
c mit Impferde
d mit Impferde und Chilisalpeter.

Die Impferde war mehrere Monate vorher in Säcken aus Holtensen bei Wunstorf aus der oberen Schichte der Ackerkrume eines sehr guten Lehmbodens bezogen, wo regelmässig im Fruchtwechsel und zuletzt im Jahre 1886 Pferdebohnen gebaut waren. Von dieser gut zerkleinerten Impferde wurden per ar 40 kg mit der Hand am 18. April gestreut, und dann die ganze Fläche 10 cm tief mit einer fünfzähnigen Hacke bearbeitet, und geeggt. An demselben Tage wurden die Hülsenfrüchte in Reihen gesät. Am 17. Mai beim Aufgehen der Pflanzen wurde auf b und d per ar 1 kg Chilisalpeter gesät.

Frühjahr und Sommer waren sehr trocken, nur Ende Mai und Mitte Juli durch ausgiebigen Regen unterbrochen.

Die Wirkung des Chilisalpeters zeigte sich gleichmässig vom 4. Juni an. Am 11. Juni waren die Abteilungen b und d mit Chilisalpeter gut, die übrigen bei Erbse schlecht, bei Pferdebohne und Peluschke kaum ziemlich gut.

Vom 20. Juni an wurde die Wirkung der Impferde deutlich bemerkt; jedoch entwickelten sich sämtliche Hülsenfrüchte erst von Anfang Juli nach Eintritt günstigerer Witterung besser.

Am 15. Juli war das Aussehen von Pferdebohne, graue Erbse, Felderbse und Wicklinse:

auf a ohne Chilisalpeter und ohne Impferde mittelmässig,
„ b mit Chilisalpeter . . . . ziemlich gut,
„ c mit Impferde . . . . ziemlich gut,
„ d mit Impferde und Chilisalpeter . . . gut.

Die Peluschken waren schon Anfang Juni von Hasen abgefressen.

Ich habe in den folgenden Jahren bei diesen Schotengewächsen keinen Chilisalpeter wieder verwendet.

Am sichtbarsten trat die Wirkung der Impferde bei Pferdebohnen, grauen Erbsen und Wicklinsen hervor, weil diese Gewächse nicht gelagert waren; die gelben Erbsen waren über die Grenzen der Abteilungen hinüber entwickelt, und dadurch waren die Unterschiede nicht so sichtbar. Die Versuchsflächen waren zu klein und durch die vorjährige Planierung zu ungleichmässig geworden; deshalb unterblieb eine Ernte-Ermittelung der einzelnen Abteilungen.

Durchschnittlich wurden geerntet pro ha:

gelbe Erbsen . . . . 1929 kg Körner
Pferdebohnen gemischt mit Wicklinsen . . . . 2095 „ „
Pferdebohnen gemischt mit grauen Erbsen . . . 1564 „ „

Dieser erste Erfolg der Boden-Impfung ermutigte mich zu grösseren Versuchen in den nächsten Jahren. Die Körnerträge waren befriedigender, als wir sie je auf Hochmoor-Neuland bei solcher Düngung erzielt hatten.

Versuch in der Gr. Fullener Versuchswirtschaft im Jahre 1888.

Es wurde zu diesem Versuche eine Fläche von 1 ha genommen, die aus 9 Aeckern von je 10 m Breite bestand. Zwischen den Aeckern befinden sich Gräben von 0,60 m Breite. Die nördliche Hälfte aller Aecker (bis zu der punktierten Linie der Skizze) war im dritten Turnus der Brandkultur zweimal gebrannt, erhielt im Jahre 1886 Brachbearbeitung und pro ha 4000 kg Aetzkalk und brachte im Jahre 1887 bei einer Düngung von 160 kg Kali in Kainit, 120 kg Phosphorsäure in Thomasphosphat und 60 kg Stickstoff in schwefelsaurem Ammoniak und Chilisalpeter pro ha von Winterroggen 47,12 Ctr. Körner. Die südliche Seite aller Aecker war dagegen bei Beginn der Urbarmachung dicht mit Erica vulgaris und tetralix bewachsen und in älterer Zeit auch schon gebrannt. Hier wurden ebenfalls pro ha 4000 kg Aetzkalk gegeben; die Urbarmachungsarbeiten mit der Hacke wurden in den Jahren 1886 und 1887 ausgeführt. Trotz der sorgfältigen sechsmaligen Bearbeitung und Kalkung waren hier im Frühjahre 1888 noch viele unzersetzte Stücke von Haidnarbe und Moostorf. Die Aussicht für das Ge-

deihen von Hülsenfrüchten war mithin auf dieser südlichen Hälfte noc weniger günstig als auf der nördlichen, wo Winterroggen gewesen wa

Eine Analyse der Bremer Moor-Versuchsstation vom Jahre 18 ergab in der seit 12 Jahren nicht gebrannten, mit Haide ebenfalls be narbten, unmittelbar daneben liegenden und später von der hannoversch Provinzial-Verwaltung angekauften Fläche auf 1 ha bis zu 15 cm Ti 2827 kg Stickstoff, 179 kg Kali, 484 kg Kalk, 172 kg Phosphorsäur Der Stickstoff des Hochmoores ist jedoch ohne Brandkultur in einer s schwer löslichen Form, dass in den ersten Jahren nach der Urbarmachu und Kalkung Roggen, Hafer und Kartoffeln — also Stickstofffresser nur dann befriedigende Ernten bringen, wenn pro ha wenigstens 45 k Stickstoff in Chilisalpeter (oder schwefelsaurem Ammoniak) neben reich- lichen Gaben von Kali und Phosphorsäure gegeben werden.

Versuchsplan (Skizze).

Nord.

Nördlicher Grenzgraben

Zweimal gebrannt bis zum Ende des Jahres 1885.

Graben	Kalen-berger Erde	Ohne Erde	Graben	Wier-Erde	Ohne Erde	Graben	Wier-Erde	Ohne Erde	Graben	Kalen-berger Erde	Ohne Erde	Graben	Wier-Erde	Ohne Erde	Graben	Glauconit-Erde	Ohne Erde	Graben	Wier-Erde	Ohne Erde	Graben	Glauco-nit-Erde	Ohne Erde	Graben	Wier-Erde	Ohne Erde

Mit Haide benarbt bis zum Ende des Jahres 1885.

Feld-Erbsen	Pferdebohnen, gemischt mit Kapuzinererbsen	Pferdebohnen gemischt mit Ervum Monanthos	Pisu arven

Fahr-Weg

Südlicher Grenzgraben

Jeder Acker hatte einen Flächeninhalt von 7,18 Ar und wurde in zwei lange schmale Abteilungen zerlegt, zwischen denen Wege von 1 m Breite blieben.*)

Als Düngung wurden zu den Schotenfrüchten für jede Abteilung pro ha 160 kg Kali in Kainit und 120 kg Phosphorsäure in Thomasphosphat am 1. September 1887 ausgestreut und eingeeggt; vorher war der Boden 20 cm tief bearbeitet; die verschiedenen Impferden wurden am 4. Oktober mit der Hand gleichmässig ausgestreut und blieben den Winter hindurch auf der Oberfläche liegen. Am 18. April 1888 wurde 10 cm tief gehackt und dadurch die Impferden mit dem Boden bis zu 10 cm Tiefe vermischt.

Als Impferden wurden benutzt (siehe Versuchsplan):

1. Glaukonit-Erde (Lehmboden) von unkultiviertem Boden, aus Backum bei Lingen, mit einem Gehalte von 3,73 % Kali in der Trockensuastanz.
2. Kalenberger Erde aus der oberen Ackerkrume eines sehr guten, altkultivierten Lehmbodens aus Holtensen bei Wunstorf, auf dem regelmässig im Fruchtwechsel Pferdebohnen gebaut waren und wo im Jahre 1888 Pferdebohnen gebaut werden sollten.
3. Sogenannte Wiererde, lehmige Marscherde aus Holland von alten Warften, künstlichen Erhöhungen, die wahrscheinlich als Gartenland benutzt sind.

Aehnliche Wiererde wurde im Dezember 1885 von der Bremer Moor-Versuchsstation untersucht und ergab in 100 Teilen trockener Masse:

0,21 Stickstoff,
0,80 Kali,
1,70 Kalk,
1,31 Magnesia,
0,54 Phosphorsäure,
80,50 Sand und Thon.

Sämtliche Impferden waren beim Ausstreuen gut zerfallen und beinahe pulverig.

Die Bestellung der Hülsenfrüchte geschah durch Drillsaat mit dem holländischen Sähorn vom 19.—24. April 1888, bei jeder Fruchtart in einem Tage.

Infolge des kalten Frühjahrs waren die Hülsenfrüchte am 14. Mai kaum sichtbar, entwickelten sich aber dann bei dem ausserordentlich warmen Wetter vom 15.—20. Mai so schnell, dass zwischen den Reihen am 25. Mai mit der Handhacke flach gearbeitet werden konnte. Durch den Spätfrost vom 29. Mai wurden alle Hülsenfrüchte etwas geschädigt, am wenigsten die Pferdebohnen.

Am 6. Juni war von diesem Spätfrost nichts mehr zu sehen. An diesem Tage konnte man noch keine Wirkung der Impferden bemerken; alle Hülsenfrüchte hatten eine sehr gleichmässige und gute Entwickelung und zehrten noch von dem Stickstoff der Samen, teils von dem geringen Bodenstickstoff. Nur die Felderbsen hatten nicht die wünschenswerte Farbe der Blätter.

*) Dieser Versuch ist von mir in der Deutschen landw. Presse veröffentlicht. 1888, Nr. 99.

Vom 13. Juni an beobachtete ich eine ganz entschiedene Wirkung der Kalenberger Erde und Wiererde. Am stärksten war damals die Wirkung der Kalenberger Erde bei allen Hülsenfrüchten, und zwar am meisten bei den Felderbsen, welche mit dieser Impferde dunkelgrüne Blätter, ohne Impferde grüngelbe Blätter hatten. Auch die Wiererde hatte bereits bei allen Hülsenfrüchten, am meisten bei Felderbsen und Pisum arvense, dunklere Farbe der Blätter hervorgerufen. Die Hülsenfrüchte mit Glauconiterde und ohne Impferde traten in die Periode des Stickstoffhungers und konnten nicht mehr genügend Chlorophyll und Proteïn bilden.

Vom 20. Juni an entwickelten sich alle Hülsenfrüchte ganz gegen meine Erwartung auf der südlichen Hälfte der Versuchsfläche, die früher mit Haide benarbt und zum ersten Male bestellt war, bedeutend besser, als auf der nördlichen Hälfte. Diese Unterschiede wurden immer grösser, je näher die Pflanzen der Reife kamen. Hiervon abgesehen, trat sowohl auf der südlichen wie auf der nördlichen Hälfte der Versuchsfläche die Wirkung der Kalenberger Erde und Wiererde immer stärker hervor durch bedeutend dunklere Farbe aller oberirdischen Organe und üppigere, schnellere Entwickelung sämtlicher Pflanzen. Am grössten war noch immer die Wirkung der Kalenberger Erde. Aussehen und Entwickelung der Hülsenfrüchte waren nur schwächlich und mittelmässig, wo entweder keine Erde oder die unfruchtbare Glaukonit-Erde verwendet war, und zwar auf der nördlichen Hälfte geradezu dürftig. Dagegen war die Entwickelung aller Hülsenfrüchte mit Kalenberger Erde und Wiererde selbst auf der Nordseite sehr befriedigend.

Für die Zeit um Ende Juni hätte ich gerne eine Besichtigung dieser hochinteressanten Versuchsfläche von seiten vieler Landwirte aus anderen Gegenden gewünscht; es würde die beste Propaganda für die Bodenimpfung gewesen sein. Es kamen in dieser Zeit keine Besucher aus anderen Gegenden und Ländern. Am 29. Juni, dem Ende einer zehntägigen heissen und sehr trockenen Nord-Ostwind-Periode waren die Wirkungen der Kalenberger Erde und Wiererde für das Auge nicht nur auf der nördlichen, sondern auch auf der südlichen Seite am sichtbarsten und so charakteristisch, dass ich gerne eine treue Abbildung der ganzen Versuchsfläche hätte anfertigen lassen, wenn es möglich gewesen wäre.

Haarscharf zeichneten sich die Wirkungen der Kalenberger Erde und der Wiererde durch grosse Ueppigkeit aller Hülsenfrüchte ab. Wenn man sich zu dieser Zeit auf einem höheren Punkte mehrere Hundert Meter von der Versuchsfläche befunden hätte, so würde man noch in dieser Entfernung die dunkelgrüne Farbe dieser Pflanzen im Gegensatze zu der matten, hellgelben Farbe derjenigen Abteilungen, die Glaukoniterde oder gar keine Erde erhalten hatten, deutlich unterschieden haben. Man kann keinen besseren Vergleich machen, als wenn man sich Roggen vor der Blüte denkt, auf der einen Seite der Ackerstücke bei Gabe von 400 kg Chilisalpeter pro ha vor Ueppigkeit strotzend, auf der anderen Seite bei Stickstoffhunger. Felderbse und Pisum arvense waren schon zu dieser Zeit zu üppig entwickelt, und würden nur bei Fortdauer der trockenen Witterung eine reiche Körnerernte gebracht haben. Dagegen waren alle Hülsenfrüchte ohne Impferde und mit Glaukoniterde in kränkelndem Zustande; die Pferdebohnen hatten trotz dieser Ver-

kümmerung bei sehr geringer Längenentwickelung der Stengel schon Blüten.

Vom 29. Juni begann eine Periode mit häufigen und bedeutenden Niederschlägen, die mit ganz kurzen Unterbrechungen bis zum 7. August dauerte; meistens war diese Zeit mit verhältnismässig niedriger Temperatur verbunden. Diese lange Regenzeit schädigte die Felderbsen und Peluschken (Pisum arvense) durch starke Lagerung, beeinträchtigte die Befruchtung der Blüten der Pferdebohnen und verzögerte die Reife aller Hülsenfrüchte wenigstens um einen Monat. Während der Regenperiode veränderte sich das Aussehen der Versuchsfläche teilweise noch bedeutend.

Schon am 8. Juli hatten Felderbse und Peluschke auf der südlichen Hälfte auch auf den Abteilungen ohne fruchtbare Erde eine üppige Entwickelung und Farbe bekommen, und hatten die Periode des Stickstoffhungers völlig überwunden; auf der Nordseite war dieses auf den betreffenden Abteilungen noch nicht ganz der Fall. Dagegen hatten die Pferdebohnen, Kapuzinererbsen und Ervum Monanthos (Wicklinse) die Hungerperiode noch nicht überwunden, wo keine fruchtbare Erde gegeben war; verkümmert war damals und blieb auch bis zur Reife auf diesen Abteilungen die Vegetation der Nordhälfte. Bei sämtlichen Hülsenfrüchten sah man auf der Nordhälfte der nicht mit fruchtbarer Erde versehenen Abteilungen nur vereinzelte üppigere Pflanzen, die wie bei den Hellriegelschen Versuchen auch ohne künstliche Mittel den Stickstoffhunger einigermassen überwunden hatten. Diese Erscheinung blieb bis zur Ernte; jedoch kamen vom 10. August an die Peluschken der Nordhälfte auch ohne die fruchtbaren Erdarten über den Stickstoffhunger weg, freilich ohne zu gutem Körneransatze und ordentlicher Reife zu gelangen, wie das in diesem Jahre auch bei den übrigen Peluschken der Fall war.

Ueber den Stand der Versuchsfläche vom 23. Juli und 10. August habe ich folgende Aufzeichnungen gemacht:

1. Südliche Hälfte.

Erbsen mit Kalenberger Erde und Wiererde, viel zu üppig, dicht am Boden gelagert, Schotenansatz gut.

Peluschken mit Wiererde, viel zu üppig, noch stärker gelagert, Anfang der Blüte am 23. Juli; am 10. August hatten die Peluschken noch keine Schoten angesetzt, und waren in der Vegetation ausserordentlich zurück.

Erbsen und Peluschken ohne die fruchtbaren Erdarten jetzt dunkelgrün, normal üppig, aber auch stark gelagert.

Pferdebohnen und Kapuzinererbsen mit Kalenberger Erde und Wiererde, ganz besonders üppig und lang, wie auf altkultiviertem Moore, Stand etwas zu dicht. Der Schotenansatz der Pferdebohnen litt durch Spätfrost, Nässe und Rost.

Pferdebohnen und Kapuzinererbsen ohne Erde und bei Glaukonit viel kürzer entwickelt, Pferdebohnen nicht normal, Kapuzinererbsen beinahe normal.

Pferdebohnen und Wicklinse mit Wiererde normal üppig, ohne Wiererde und bei Glaukonit ziemlich dürftig. Die Vegetation der Wicklinse ist ausserordentlich zurück.

2. Nördliche Hälfte.

Die Hülsenfrüchte mit Kalenberger Erde und Wiererde sind normal üppig, ohne diese Erdarten sehr dürftig, und zwar sind am schlechtesten ohne diese Impferden Pferdebohnen und Wicklinsen. Die Unterschiede der Abteilungen sind auf der nördlichen Hälfte auch in diesem Stadium noch ganz ausserordentlich und wurden bei den Pferdebohnen mit herannahender Ernte immer auffallender. Am 10. August starben die meisten Pferdebohnenpflanzen der Abteilungen ohne fruchtbare Erde bereits ab und zeigten nur einzelne Knöllchenbildungen der Wurzeln, dagegen waren bei fruchtbarer Erde die Wurzeln dicht mit Knöllchen besetzt.

Am 20. August wurden von der nördlichen, weniger üppigen Hälfte des Versuchsfeldes, wo die Wirkung der Wiererde und Kalenberger Erde am kenntlichsten geblieben war, von allen Abteilungen Pflanzen mit Boden für die Magdeburger Ausstellung ausgehoben. (Siehe die Abbildungen auf Tafel 2). Auf dieser Nordhälfte wurden Parzellen von je 90 qm abgemessen und deren Ertrag bei der Ernte genau ermittelt.

Erst am 3. September konnten die Felderbsen gemäht werden und die übrigen Hülsenfrüchte am 18.—20. September, weil der Reifezustand es nicht früher gestattete. Am 20. Oktober wurde endlich das Einfahren beendigt. Bei dem Mähen zeigte es sich, dass die Wiererde auf allen Abteilungen schliesslich mehr als die Kalenberger Erde gewirkt hatte.

Ergebnis des vergleichenden Versuches auf der nördlichen Hälfte per 90 □m.

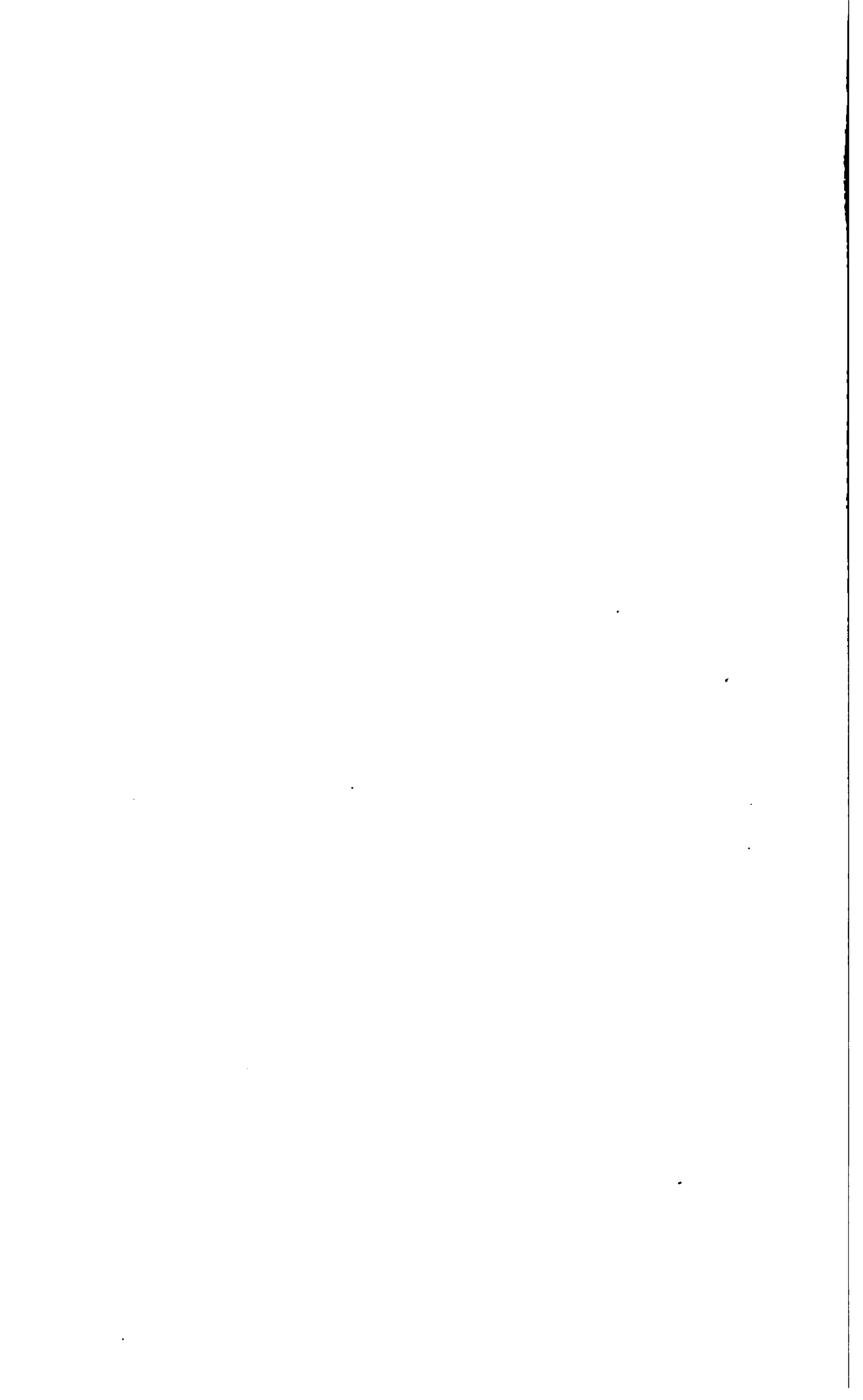
Nummer des Ackerstückes	Fruchtart		Korn kg	Stroh und Spreu kg	Durchschnitt Korn kg	Durchschnitt Stroh und Spreu kg
1	Felderbsen	ohne Erde	6,60	22,30	7,975	23,175
2	desgl.	ohne Erde	9,35	24,05		
2	desgl.	mit Wiererde	10,70[1])	43,20	10,700	43,200
1	desgl.	Kalenb. Erde	5,00[1])	37,90	5,00	37,900
3	Pferdebohnen, gemischt	ohne Erde	6,50	13,35	6,200	14,650
4	mit Kapuzinererbsen	ohne Erde	7,05	12,80		
5	desgl.	ohne Erde	5,80	19,05		
6	desgl.	ohne Erde	5,45	13,40		
6	desgl.	Glaukonit	4,00	10,35	4,000	10,350
4	desgl.	Kalenb. Erde	10,35	27,50	10,350	27,500
3	desgl.	Wiererde	13,45	35,40	11,800	31,800
5	desgl.	Wiererde	10,15	28,20		
7	Pferdebohnen, gemischt	ohne Erde	3,15	21,20	2,850	19,500
8	mit Wicklinse[3])	ohne Erde	2,55	17,80		
8	desgl.	Glaukonit	3,00	20,85	3,000	20,850
7	desgl.	Wiererde	8,80	36,05	8,800	36,050
9	Pisum arveuse	ohne Erde	3,30[2])	28,55	3,300	28,550
9	desgl.	Wiererde	3,90[2])	31,45	3,900	31,450

Anmerkungen siehe folgende Seite.

Gr. Fullener Versuchswirtschaft, Nordseite 1888.



Feld-Erbse.	Pferdebohne mit Kapuciner-Erbsen.	Peluschke (Pisum arvense).



Durch diese Ernte-Ermittelungen zeigte sich die Wirkung der beiden fruchtbaren Erdarten am deutlichsten bei denjenigen Hülsenfrüchten, die zwar durch Frost, Rost und Nässe, aber nicht durch Lagerung geschädigt waren.

Bei dem Gemisch von Pferdebohnen und Kapuzinererbsen wurde der Ertrag gesteigert.

	bei Korn	bei Stroh
durch Kalenberger Erde um	67 %,	87,7 %,
durch Wiererde um	90,3 „	117 „

Bei dem Gemische von Pferdebohnen und Wicklinsen wurde der Ertrag gesteigert:

durch Wiererde um 208,8 % bei Korn, 84,9 % bei Stroh. Bei ersterem Gemische beträgt der Kornertrag 1311 kg pro ha nach Verwendung von Wiererde; etwa um die Hälfte höher war der Ertrag nach Wiererde auf der südlichen Hälfte der Versuchsfläche, die früher mit Haide bewachsen war. Das ist ein Ertrag, der in einem so ungünstigen, nasskalten Sommer bei Hülsenfrüchten von neukultiviertem Hochmoor nie erwartet werden konnte. Die Kosten der Kainit-Thomasschlacke-Düngung einschliesslich Transport betrugen pro ha 56 Mk. 40 Pf.

Die Kosten der Wiererde einschliesslich Schiffstransport, 4000 kg pro ha, betrugen 9 Mk. 80 Pf.

Es bleibt nun noch zu erörtern, wodurch die überraschende Wirkung der verwendeten geringen Mengen von fruchtbarer Erde hervorgebracht ist. Physikalische Wirkungen können nicht angenommen werden: wenn dieses der Fall wäre, müsste auch die fein gepulverte, lehmige Glaukonit-Erde gewirkt haben. Eine chemische Wirkung kann auch nicht angenommen werden; denn die geringen Mengen von etwa 1,7 kg Kalk, 8,0 kg Kali, 1,3 kg Magnesia, 5,4 kg Phosphorsäure, welche in der Wiererde in schwer löslichem Zustande enthalten waren, können im Vergleich zu den grossen Quantitäten der Grunddüngung mit Aetzkalk, Kainit und Thomasschlacke gar nicht in Betracht kommen. Es ist auch kaum anzunehmen, dass die 2,1 kg Stickstoff der Wiererde pro ha, welche ebenfalls schwer löslich sind, beträchtlich gewirkt haben,

Der Erfolg der Kalenberger Erde und Wiererde ist also lediglich der Zuführung von Knöllchenbakterien zuzuschreiben.

Dieser Versuch ergiebt zugleich die wichtige Folgerung für die Praxis der Hochmoorkultur, dass auf gebranntem Boden die Bodenimpfung von noch grösserem Einflusse bei Leguminosen war, als auf Hochmoor, das seit längeren Jahren nicht gebrannt wurde. Diese Erfahrung haben wir später auch bei Klee und Serradella gemacht.

Den Grund dieser Erscheinung sehe ich weniger in den Unterschieden der chemischen Beschaffenheit dieser Bodenarten, also namentlich im Gehalte von Bodenstickstoff, sondern in dem Umstande, dass in

---

[1]) Die Felderbse mit Wiererde und Kalenberger Erde war zu üppig entwickelt und dadurch der Schotenansatz beeinträchtigt; auf dem ersten Ackerstücke waren die Felderbsen mit Kalenberger Erde vor dem Mähen an der Erde gefault.

[2]) Pisum arvense wurde in dem nassen Juli und Anfang August zu üppig, lagerte stark, erlangte nicht die Reife; die Vegetation wurde erst durch Frost unterbrochen.

[3]) Wicklinse (Ervum Monanthos) stand zu dicht und erlangte nicht die Reife.

dem nicht gebrannten Moorboden wahrscheinlich durch den Wi[nd] Knöllchenbakterien zugeführt und in geringer Zahl lebensfähig bleib[en]. In dem gebrannten Moore werden dagegen diese Bakterien beinahe vol[l]ständig durch die Einwirkung der hohen Wärme zerstört.

Versuch der Ems-Abteilung der Moor-Versuchsstation in der Gr.-Fullene[r] Versuchswirtschaft im Jahre 1889 mit einem Gemisch von Pferdebohnen und grauen Erbsen.

In den Jahren 1886 und 1887 bei der Urbarmachung waren pro ha 4000 kg Aetzkalk gegeben. Vorfrüchte im Jahre 1887 Kartoffeln mit Kunstdünger, 1888 Winterroggen mit Kunstdünger.

Düngung zu den Hülsenfrüchten pro ha 160 kg Kali in Kainit und 120 kg Phosphorsäure in Thomasphosphat. Dieser Dünger wurde Ende August 1888 in die Roggenstoppel gestreut und mit dem Krümmer flach untergebracht. Vom 8.—13. Oktober wurde 20 cm tief gehackt. Am 28. Oktober wurde die ziemlich gut zerkleinerte Wiererde (Impferde) aus der holländischen Marsch abgewogen und mit der Hand ausgestreut. Die Impferde blieb den Winter hindurch auf der Oberfläche liegen und wurde am 8. April 1889 durch Handarbeit mit der oberen Ackerkrume bis zu etwa 10 cm Tiefe vermischt.

Es blieben	4	Abteilungen	à 1	ar	ohne Impferde;
es erhielten	4	„	à 1	„	je 10 kg Impferde;
„	4	„	à 1	„	„ 20 „ „
„	4	„	à 1	„	„ 30 „ „
„	4	„	à 1	„	„ 40 „ „

Am 9. April wurden die Hülsenfrüchte in Reihen gesäet; am 1. Mai begannen einzelne Pflanzen aufzugehen.

Am 16. Mai waren die Leguminosen sämtlicher Abteilungen sehr gleichmässig und üppig entwickelt. Am 25. Mai kam ein wolkenbruchartiger Regen; ich halte es für wahrscheinlich, dass dieser starke Regen viele Knöllchenbakterien von den geimpften Abteilungen auf die ungeimpften geschwemmt und hierdurch eine verspätete, aber doch noch erfolgreiche Wirkung hervorgebracht hat; denn hierdurch erkläre ich mir die sogleich zu beschreibenden Erscheinungen. Eine derartige durch Regen verursachte Bodenimpfung vom 25. Mai konnte sich an den oberirdischen Teilen der Pflanzen erst Mitte Juli bemerkbar machen. Uebrigens wurde der Boden nach dem starken Regen wieder gelockert.

Vom 10. Juni an und noch später war die Wirkung der Impferde sehr sichtbar. Auf den Abteilungen ohne Impferde standen die Hülsenfrüchte kränklich und schwächlich; dagegen waren die geimpften Abteilungen ausnahmslos sehr gut, die Pflanzen bereits in Blüte. Die geringere Menge von Impferde — namentlich 20 kg pro ar — hat ebenso stark gewirkt wie 30 und 40 kg. Auf zwei Abteilungen haben 10 kg schon ebenso stark gewirkt wie 30 und 40 kg.

Wenn man also ganz sicher ist, dass die Impferde reichlich lebensfähige Knöllchenbakterien besitzt, und wenn die Erde sehr fein und gleichmässig mit der Hand oder Sämaschine verteilt und untergebracht wird, so werden pro ha 1000 kg Impferde genügen.

Ich kam erst am 24. Juli wieder zu einer Besichtigung dieses Versuchsfeldes. Die Pferdebohnen und Erbsen waren schwach gelagert;

die Abteilungen ohne Impferde hatten sich entschieden gebessert. Eine Ertragsermittelung der einzelnen Abteilungen konnte leider nicht ausgeführt werden. Es war im ganzen 1 ha mit dem Gemisch von Pferdebohnen mit grauen Erbsen, davon 96 ar mit Impferde bestellt; hiervon wurden geerntet 1400 kg Körner und 3200 kg Stroh und Schoten.

Von dieser Zeit an wurden in den nächsten Jahren kleine Pferdebohnen (sogenannte Taubenbohnen) aus Holland regelmässig mit 2000 kg Wiererde als Impferde pro ha im Fruchtwechsel in der Gr. Fullener Versuchswirtschaft angebaut. Die Erfolge waren befriedigend, wenn die Bohnen nicht zu dicht standen und wenn kein Spätfrost kam.

In dem daneben liegenden Provinzial-Moore machte man im ersten Jahre nach der Neukultur auch Versuche mit Erbsen und Pferdebohnen, mit Verwendung von Wiererde. Diese Früchte missrieten vollständig, weil der Boden nicht genügend bearbeitet und zersetzt war und weil die Knöllchenbildung beinahe ganz unterblieb.*)

Versuch der Ems-Abteilung der Moor-Versuchsstation mit Pisum arvense (Peluschke) zu Grünfutter in der Gr. Fullener Versuchswirtschaft im Jahre 1890 und in den folgenden Jahren im Fruchtwechsel.

Es waren früher pro ha 4000 kg Aetzkalk gegeben. Zu Peluschke wurden im Herbst ausreichende Mengen von Kainit und Thomasphosphat (wie zu Pferdebohnen) gegeben und als Impferde pro ha 2000 kg Wiererde. Es wurden pro ha 150 kg Peluschkesamen breitwürfig gesäet und flach untergebracht. Die Grünfettererträge waren ausgezeichnet, im Jahre 1893 wegen der Dürre etwas geringer. Im Jahre 1894 verfroren die Peluschken vollständig. Stickstoffdüngung wurde nie gegeben.

Versuch der Ems-Abteilung der Moor-Versuchsstation mit Impferden verschiedener Herkunft in der Hesepertwister Versuchswirtschaft im Jahre 1891 bei einem Gemisch von Pferdebohnen mit grauen Erbsen.**)

Zu diesem Versuche wurde die Moor-Versuchsstation namentlich durch den Umstand geführt, dass nach Hesepertwist damals noch nicht von Norden her aus Holland die in der Gr. Fullener Versuchswirtschaft bewährt befundene Wiererde bezogen werden konnte. Wir konnten nur von Süden her auf dem Schiffahrtskanale frischen Seeschlick aus dem Zuidersee in Holland und ausserdem von Lingen her Impferde von Sandboden beziehen.

Es lässt sich nicht leugnen, dass ein Versuch mit Impferden verschiedener Herkunft auf dem Acker nicht dieselbe Beweiskraft wie die oben erwähnten Versuche von Hellriegel und Nobbe hat, und zwar aus folgenden Gründen:

1. Bei dem Feldversuche muss man mit der Möglichkeit rechnen, dass die betreffenden Pilze, die mit der Leguminose in Symbiose leben, in neutraler Form schon vor der Bestellung in dem Boden verbreitet sind. Die Beschreibung dieses Versuches wird darthun, dass dies nur in geringem Grade der Fall war,

---

*) Es bleibt zweifelhaft, ob die Wiererde nicht genügend die für Erbsen und Pferdebohnen passenden Knöllchenbakterien enthielt, oder ob diese Impferde nicht genügend mit der Ackerkrume gemischt war und dadurch nicht an die Wurzeln gelangte. Jedenfalls war der Boden für Hülsenfrüchte zu wenig zersetzt.

**) Veröffentlicht in der Deutschen landw. Presse. 1892, No. 61.

und dass wir in dem neukultivierten, nur mit Aetzkalk, Kai
und Thomasphosphat gedüngten Hochmoore — namentlich na
dem Moorbrennen — das vorzüglichste Versuchsobjekt zu de
artigen Feldversuchen besitzen.

2. Das neukultivierte Hochmoor ist nicht absolut frei von lö
lichen Stickstoffverbindungen, aber so arm daran, dass Hal
früchte und Kartoffeln ohne Stickstoffdüngung in den erst
Jahren der Kultur nur Missernten liefern. Also ist auch i
dieser Beziehung das Hochmoor zu Feldversuchen mit Impf
erden verschiedener Herkunft sehr geeignet.
3. Dem Feldversuche haftet der Mangel an, dass möglicherwei
nach der Gabe der Impferde die Knöllchenbakterien sich üb
die benachbarten Abteilungen verbreiten können. Wahrschei
lich ist dies auch bei unserem Versuche der Fall gewes
aber erst in einem späteren Stadium der Vegetation und jed
falls nicht sehr ausgedehnt. Dagegen wird bei den Versuche
in Gefässen durch Bedecken mit sterilisierter Watte oder mi
sterilisiertem Sand die Zuführung von Pilzen durch die Lu
verhindert.
4. Bei den Versuchen in Gefässen werden die Pflanzen mit de-
stilliertem Wasser begossen. Dagegen erhalten bei dem Feld-
versuche die Pflanzen durch die atmosphärischen Niederschläg
geringe Mengen gebundenen Stickstoffs.

Wenn nun auch ein Feldversuch mit Impferden verschiedener Her-
kunft nicht dieselbe und allgemeine Beweiskraft hat wie ein exakt, mit
allen Vorsichtsmassregeln in stickstofffreiem, geglühtem Sande ausge-
führter Gefässversuch, so wird man doch aus diesem, wie auch aus
unseren Versuchen mit Serradella erkennen, dass Hellriegels und
Nobbes Versuche auch in dieser Beziehung ihre volle Bestätigung durch
die landwirtschaftliche Praxis erhalten.

Die Anordnung dieses Versuches geht aus nebenstehender Hand-
zeichnung hervor. Die ganze Versuchsfläche ohne Weg und Gräben
hatte einen Flächeninhalt von 1 ha. Im Frühjahre 1889 wurde der Vor-
flutgraben mit einer Tiefe von 1,2 m und rechtwinklig zu diesem im
Abstande von je 10 m die Seitengräben mit 0,60 m Tiefe angelegt. Der
Aushub aus den Seitengräben wurde gleichmässig über die 10 Aecker
(I—X) verteilt. Nördlich der Linie a-b war die ganze Versuchsfläche in
den letzten drei Jahren gebrannt und ohne Düngung mit Buchweizen
bebaut. Die Aecker I, II, V, VII erhielten pro Ar 40 kg Aetzkalk —
VI und IX pro ar 30 kg Aetzkalk — VII und X pro ar 20 kg Aetz-
kalk. Die Aecker III und IV, sowie die westlichen und östlichen Enden
der übrigen Aecker bekamen als Impferde pro ar 40 kg Seeschlick,
wurden aber nicht in den Versuchsplan einbezogen. Jede Versuchs-
abteilung hatte einen Flächeninhalt von 100 Quadratmeter.

Als Impferden wurden benutzt:

1. Seeschlick, der erst im Herbst 1890 aus dem Zuidersee
ausgebaggert, sofort in das Kanalschiff gebracht und dann bis
zum nächsten Frühjahre am Süd-Nord-Kanal in einer Mächtig-
keit von 1 m auf unkultiviertem Sand gelagert wurde, um
durch die Einwirkung des Winterfrostes das Mürbewerden zu
erzielen. Der Seeschlick scheint während des Transportes und
der Lagerung keine Knöllchenbakterien aufgenommen zu haben.

2. **Erbsensand** aus der Ackerkrume eines thonarmen Sandbodens bei Lingen, wo im Jahre 1890 mit Aetzkalk, Kainit und Thomasphosphatmehl Erbsen vortrefflich geraten waren.
3. **Lupinensand** aus der Ackerkrume eines sehr leichten, altkultivierten Sandbodens in Polle bei Lingen, wo ich im Jahre 1890 mit Kainit, Thomasphosphat und Lupinen-Impferde zum ersten Male, und zwar mit bestem Erfolge und reichlichen Wurzelknöllchen, gelbe Lupinen erzielt hatte. Pferdebohnen, Erbsen und Klee sind auf diesem Boden seit Menschengedenken nicht angebaut. Abgesehen von der Feuchtigkeit hat der Boden in Polle dieselbe Beschaffenheit wie der Erbsenacker bei Lingen.

Erbsensand und Lupinensand wurden im Frühjahr 1891 von den ckern entnommen, in neue Säcke gefüllt und dann sofort nach der rsuchsfläche in Hesepertwist gefahren und dort verwendet.

Handzeichnung der Versuchsfläche in Hesepertwist.

Graben — Graben

I.	II.	III. (Fahrweg)	IV.	a	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
1. See-schlick	8. See-schlick	Gebrannt	Nicht gebrannt		15. See-schlick	22. See-schlick	29. See-schlick	36. See-schlick	48. See-schlick	50. See-schlick
2. ohne Impf-erde	9. ohne Impf-erde				16. ohne Impf-erde	23. ohne Impf-erde	30. ohne Impf-erde	37. ohne Impf-erde	44. ohne Impf-erde	51. ohne Impf-erde
3. Lupinen erde	10. Lupinen sand				17. Lupinen sand	24. Lupinen sand	31. Lupinen sand	38. Lupinen sand	45. Lupinen sand	52. Lupinen sand
4. See-schlick	11. See-schlick				18. See-schlick	25. See-schlick	32. See-schlick	39. See-schlick	46. See-schlick	53. See-schlick
5. ohne Impf-erde	12. ohne Impf-erde				19. ohne Impf-erde	6. ohne Impf-erde	33. ohne Impf-erde	40. ohne Impf-erde	47. ohne Impf-erde	54. ohne Impf-erde
6. Erbsen-sand	13. Erbsen-sand				20. Erbsen-sand	27. Erbsen-sand	34. Erbsen-sand	41. Erbsen-sand	48. Erbsen-sand	55. Erbsen-sand
7. See-schlick	14. See-schlick				21. See schlick	28. See-schlick	35. See-schlick	42. See-schlick	49. See-schlick	56. See-schlick

Vorflutgraben b

Von jeder Impferde wurden per ar 10 kg gegeben.

Bodenbearbeitung und Düngung. Die ganze Fläche 1 ha wurde im Sommer 1889 25 cm tief umgehackt; es war nur Bearbeitung von 20 cm Tiefe angeordnet. Mitte Juni 1890 wurde eggt, dann der Aetzkalk zu Staub gelöscht, mit der grössten Gena keit verteilt und eingeeggt. Anfang Juli wurde mit der fünfzähni Moorhacke 10—12 cm tief und Ende Oktober 20 cm tief gehackt. I wurde Mitte November 1890 der Kunstdünger ausgestreut, und z pro ar 12 kg Kainit und 6 kg Thomasphosphatmehl à 20 °/₀ Phosp säure. Auf das Abwiegen und gleichmässige Verteilen des Aetzk und des Kunstdüngers bei Windstille wurde die grösste Sorgfalt wendet. Um ein vorzeitiges Verbreiten der Pilze über die ungeimp Abteilungen möglichst zu verhüten, wurden die Impferden in zerkleine Zustande erst am 22. und 27. April 1891 unmittelbar vor der Bestel mit der Hand ausgestreut und tüchtig eingeeggt.

Bestellung. Für jeden Acker wurde das Saatgut abgewog pro ar 2 kg grobe Pferdebohnen und 1/2 kg graue Erbsen. Im Absta von je 45 cm wurden nach der Schnur mit dem Spaten Furchen gema und in diese der Samen mit dem holländischen Säehorn sehr gleichmä in Reihen gesäet. Endlich wurde das Saatgut durch zwei Eggenstri mit Erde bedeckt. Anfang Juni wurden die Hülsenfrüchte mitt Handarbeit durchgehackt.

Beobachtungen während der Vegetation:

10. Mai. Die Pferdebohnen nnd Erbsen fangen an aufzugehen.

26. Mai. Die Hülsenfrüchte haben mässig grüne Blätter. Unterschiede unter den Abteilungen sind nicht zu bemerken.

13. Juni. Beginn der Kalkwirkung. Aussehen der Pflanzen bei 40 kg Aetzkalk pro ar befriedigend, bei 30 kg Aetzkalk nicht ganz befriedigend, bei 20 kg schlecht. Die Wirkung der Impferden ist noch nicht mit Sicherheit zu bemerken.

28. Juni. Die Wirkung der Impferden ist sichtbar. Nach Angabe des Vorarbeiters zeigt sich vom 28. Juni an die Wirkung des Erbsensandes.

7. Juli. Sämtliche Pferdebohnen und Erbsen — mit Ausnahme der Erbsensandabteilungen — sehen gelb und kränklich aus und haben keine Wurzelknöllchen, obwohl die Blüte der Pferdebohnen bei kurzer Längenentwickelung begonnen hat. Nur einzelne Exemplare von Bohnen und Erbsen auf allen diesen Abteilungen haben recht grüne Farbe, kräftige Entwickelung und Wurzelknöllchen. Unterschied zwischen den Abteilungen mit Seeschlick, Lupinensand und ohne Impferde sind nicht vorhanden. Alle Abteilungen mit Erbsensand haben vie dunklere, grüne Farbe und kräftigere Entwickelung bei Vorhandensein von reichlichen Wurzelknöllchen. Am meisten treten diese Unterschiede auf den beiden gebrannten Aeckern I und II hervor, und sind schon auf 100 m Entfernung und weiter jedem Beschauer sichtbar. Zu dieser Zeit gewährte das Versuchsfeld den interessantesten Anblick; es trat am deutlichsten hervor, dass nur der Erbsensand als Impferde wirkte.

Am schlechtesten sind die Aecker VII und X mit der geringsten Gabe Aetzkalk.

14. Juli. a) Gebrannte Aecker I und II. Die Wirkung des Erbsensandes ist hier viel bedeutender — im Vergleiche zu den Abteilungen ohne Erbsensand — als auf den früher mit Haide bewachsenen Aeckern; denn die Abteilungen ohne Erbsensand — sowohl ohne Impf

rde, wie mit Schlick und Lupinensand — sind gerade auf den beiden gebrannten Aeckern am schwächlichsten und am ärmsten an Chlorophyll, obgleich hier die grösste Menge Aetzkalk, wie auf den Aeckern V und VIII, gegeben ist. Seeschlick und Lupinensand zeigen keine Wirkung.

b) Nicht gebrannte Aecker V—X. Auf allen Abteilungen mit 40 kg Aetzkalk ohne Erbsensand — auch auf denjenigen ohne Impferde — kommen jetzt immer mehr Exemplare von besseren Pferdebohnen und Erbsen vor. Die Mehrzahl der Pflanzen ist hier noch immer gelblich und hat keine Wurzelknöllchen. Dagegen sind die Erbsensand-Pflanzen sämtlich dunkelgrün, wie auf den Aeckern I und II, und reich mit Wurzelknöllchen versehen. — Bei der mittleren Kalkgabe sind die Hülsenfrüchte auf allen Abteilungen merklich geringer, und noch viel schlechter bei der geringsten Kalkgabe. Diese Unterschiede der Kalkwirkung machen sich für das Auge am meisten bemerkbar auf den Erbsensand-Abteilungen 20, 27, 34, 41, 48, 55.

28. Juli. Das Versuchsfeld zeigt noch dieselben Unterschiede wie am 14. Juli. Die Erbsensand-Pflanzen stehen ziemlich gleichmässig, sind normal entwickelt und setzen Schoten an. Auf den Abteilungen ohne Erbsensand gehen die Pflanzen ohne Wurzelknöllchen jetzt schon nach der Blüte ohne Fruchtansatz zu grunde, und zwar die Pferdebohnen bei einer durchschnittlichen Längenentwickelung von 30 cm. Die Pflanzen ohne Erbsensand bei der grössten Kalkgabe sind durchschnittlich viel schlechter auf den gebrannten Aeckern I und II als auf den nicht gebrannten Aeckern V und VIII. Auf den Aeckern I und II tritt es am deutlichsten hervor, dass Seeschlick und Lupinensand nicht gewirkt haben, und dass der Erbsensand bedeutend gewirkt hat.

21. August. Rost auf den Pferdebohnen sämtlicher Abteilungen, wodurch die Körnerbildung stark geschädigt wird. Durch die fortwährend nasskalte Witterung wird die Reife der normal gewachsenen grauen Erbsen sehr verzögert; vielleicht ist diese Erscheinung auch teilweise der Symbiose zuzuschreiben, wie auch von Hellriegel und Nobbe beobachtet wurde. Die Reife konnte nicht abgewartet werden, wenn man den nachfolgenden Winterroggen nicht schädigen wollte.

Es wurde daher die Ernte am 25. und 26. August vorgenommen. Zur Feststellung des Erntegewichts wurden nur die in der Ertragstabelle angegebenen Abteilungen ausgewählt, weil das sorgfältige Abschneiden der Pflanzen mit dem Messer unmittelbar am Boden sehr zeitraubend war. Das Abschneiden und die sofort darauf folgende Gewichtsermittelung geschahen bei dem trockensten Wetter. Die abgestorbenen Pferdebohnen und Erbsen der Abteilungen ohne Erbsensand wurden dabei mitgewogen, obgleich sie keinen Futterwert hatten; die wenigen vorhandenen Unkräuter wurden nicht mitgewogen. Das Resultat wäre sicher im Erntegewichte bedeutend mehr zu gunsten der Erbsensand-Abteilungen ausgefallen, wenn die bereits vorzeitig abgestorbenen Pflanzen nicht mitgewogen wären. Denn zu dieser Zeit waren auf den gebrannten Aeckern auf den Abteilungen ohne Erbsensand (1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14) die Pferdebohnen schon längst abgestorben ohne jeglichen Schotenansatz und ebenso die meisten Erbsen. Dagegen prangten die Erbsen auf den Abteilungen 6 und 13 bei einer durchschnittlichen Längenentwickelung von 1,5 m in vollster Ueppigkeit.

Aetzkalk per ar kg	Impferde	Nummer der Parzelle	Erntegewicht netto kg	Erntegewicht Mittel kg
	a. Gebrannte Flächen			
40	Ohne Impferde	2	37,950	46,71
40	do.	5	43,000	
40	do.	9	58,900	
40	do.	12	47,000	
40	Seeschlick	1	18,100	34,80
40	do.	4	38,500	
40	do.	8	30,600	
40	do.	11	52,100	
40	Lupinensand	3	43,700	
40	do.	10	82,500*)	
40	Erbsensand	6	104,400	107,40
40	do.	13	110,400	
	b. Nicht gebrannte Flächen			
40	Erbsensand	20	138,900	115,50
40	do.	41	92,100	
30	do.	27	134,700	99,70
30	do.	48	64,700	
20	do.	34	53,200	44,00
20	do.	55	34,800	
40	Ohne Impferde	19	74,700	75,45
40	do.	40	76,200	
30	do.	26	66,300	50,60
30	do.	47	34,900	
20	do.	33	19,700	22,05
20	do.	54	24,400	

Eine nähere Prüfung der Ertragstabelle zeigt, dass die übereinbehandelten Abteilungen in mehreren Fällen bei ihren Erträgen sehr weit von einander abweichen. Namentlich ist das bei den Abteilungen 9, 10 und 11 der Fall. Diese Ungleichmässigkeiten überhaupt sind darin begründet, dass die Ackerstücke vor Beginn unserer Urbarmachung bei der letzten und früheren Brandkultur in einer anderen Richtung wie die neuen Ackerstücke, nämlich in der Richtung der Linie a-b gingen. Ausserdem liegt die Ursache darin, dass auf den Abteilungen ohne Erbsensand sich ungewollt die Pilze und Knöllchen sehr unregelmässig eingefunden haben, und zwar kolonieartig. Aber wir sehen doch aus der Ertragstabelle auf allen Abteilungen die bedeutende Wirkung des Erbsensandes und der grösseren Gaben von Kalk, und wenn wir nun

*) Der Ertrag der Abteilung 10 mit Lupinensand ist nicht massgebend und offenbar durch günstigere Bodenbeschaffenheit beeinflusst. Denn auch die an No. 10 zu beiden Seiten grenzenden Abteilungen 9 und 11 haben unverhältnismässig hohe Erträge ergeben.

auch die genauen Aufzeichnungen über die Vegetation am 7. und 14. Juli berücksichtigen, so glauben wir zu folgenden Schlüssen berechtigt zu sein:

1. Der mit Ausschluss von tierischem Dünger neukultivierte, weit von Kulturflächen gelegene Hochmoorboden ist so arm an den die Symbiose bewirkenden Pilzen und so arm an löslichen Stickstoffverbindungen, dass bei den Leguminosen die Zuführung geeigneter Impferde von dem grössten Erfolge ist und häufig überhaupt erst den rentablen Anbau dieser Pflanzen möglich macht. Denn ohne eine geeignete Impferde fand bei den Hülsenfrüchten kaum eine Bildung von Chlorophyll statt.
2. Der Erbsensand hat in der angewendeten geringen Menge von 20 kg per ar als Impferde ausgezeichnet gewirkt. Der nur einen Winter gelagerte Seeschlick und der Lupinensand haben offenbar als Impferde nicht gewirkt.
3. Auf gebrannten Hochmoorflächen ist die Anwendung von Impferde noch dringender nötig, als auf längere Jahre nicht gebrannten und mit Haide bewachsenen Flächen.
4. Eine Gabe von 20 kg Aetzkalk per ar war durchaus unzureichend, um eine befriedigende Vegetation der Pferdebohne und Erbse hervorzubringen.

Die Folgerungen für die Praxis der Landwirtschaft bei Auswahl der Impferde ergeben sich von selbst. Für jede Gattung von Leguminosen nehme man die Impferde von einem Boden, wo dieselbe Pflanzengattung vor kurzem mit Erfolg gebaut ist. Man nehme die Impferde aus dem Wurzelbereich der Pflanzen, und zwar möglichst kurze Zeit vor der Verwendung. Die Impferde ist durch tüchtiges Eggen innig mit der Oberfläche der Ackerkrume zu vermischen.

Von den Abteilungen, die mit Erbsensand geimpft waren, wurde nach Aberntung der Pferdebohnen und Erbsen Impferde (also Hochmoor-Erde) genommen und damit ein anderer Ackerschlag zu Pferdebohnen und Felderbsen geimpft, und so wurde es in den nächsten Jahren auf anderen Ackerschlägen fortgesetzt. Im Jahre 1892 litten die Pferdebohnen und Erbsen am 16. Juni sehr stark durch Frost und brachten deshalb eine Fehlernte; vor dem Frost standen sie gut.

Im Jahre 1893 wurden geerntet bei einer Düngung mit 4000 kg Aetzkalk, 1000 kg Kainit und 300 kg Thomasphosphat à 20 % Phosphorsäure

pro ha 1438 kg Korn und 2983 kg Stroh und Schoten von Pferdebohnen,
" " 1576 " " " 3494 " " " " " Felderbsen.

Der Körnerertrag der Erbsen bei enormer Längenentwicklung hatte durch Lagerung bei nasser Witterung gelitten.

In dem nassen Sommer 1894 wurden geerntet bei einer Düngung mit 4000 kg Aetzkalk, 600 kg Kainit und 200 kg Thomasphosphat à 20 % Phosphorsäure

pro ha 1528 kg Korn und 2490 kg Stroh und Schoten von Pferdebohnen.

Diesen Ernten von Leguminosen war nach der Urbarmachung nur Winterroggen mit Kunstdünger (bezw. Aetzkalk) vorhergegangen.

Wenn die Ernten von Pferdebohnen und Erbsen auf dem Neuland im Vergleiche zu den Roggen-Erträgen von durchschnittlich 2240 kg Korn und 3454 kg Stroh pro ha im Jahre 1893, und durchschnittlich 1720 kg Korn und 3858 kg Stroh pro ha im Jahre 1894 in derselben Versuchswirtschaft nur mittelmässig genannt werden können, so ist

dabei zu erwägen, dass der Roggen hohe Gaben von durchschnittlich 30 kg Stickst[off] in Chilisalpeter verlangt, um diese Erträge zu liefern, und dass die gedrillten und [ge]hackten Pferdebohnen und Erbsen zur Verhütung der Unkräuter und als gute Vorfrü[chte] für Winterroggen auf gekalktem Hochmoor nicht zu entbehren sind. Aber ohne Boden-Impfung würde ein Anbau dieser Gewächse nach unseren früheren Erfahrung[en] auf Hochmoor-Neuland unmöglich sein.

Versuche der Moor-Versuchsstation in Bremen in Vegetationsgefässen und auf dem Felde.

Hierüber berichtete Professor Dr. Fleischer in der Sitzung d[er] Central-Moor-Kommission*) folgendes:

„Nach dem Vorgange von Dr. Salfeld haben wir eine Anzahl von Versuchen auf dem Felde und weiterhin auch in Vegetationsgefässen angestellt, welche über den Wert der Moorboden-Impfung für die grössere Praxis Aufschluss erteilen sollten. Es wurde dabei zunächst festgestellt, dass der Schlick, welcher in Bremerhaven ausgebaggert wird, im ab-getrockneten Zustande in ganz geringen Mengen auf Hochmoorboden gebracht, dieselbe günstige Wirkung auf die Bildung der Wurzelknöllchen und das Gedeihen von Erbsen, Bohnen und Klee ausübt, wie die holländische Marscherde, womit Dr. Salfeld operierte. Das Impfen des Hochmoorneulandes bleibt jedoch ganz ohne Erfolg, wenn das letztere nicht vorher gekalkt ist. Auf ungekalktem Hochmoorboden wurde durch Schlick nur dann eine erhebliche Wirkung erzielt, wenn derselbe in weit grösseren Mengen aufgebracht worden war, und selbst bei Verwendung sehr grosser Mengen erreichte die Ernte an Körnern lange nicht den Ertrag, welcher bei gleichzeitiger Anwendung von Kalk erzielt wurde. Wenn man den Schlick durch Erhitzen auf etwas über 100° von allen lebenden Keimen befreite, so war die Wirkung auf das Gedeihen der Pflanzen besonders in der ersten Wachstumszeit eine auffällig geringere; allmählich aber trat mit den Pflanzen der nicht sterilisierten Gefässe eine Ausgleichung ein; und die Untersuchung der Wurzeln ergab, dass auch auf dem mit sterilisiertem Schlick geimpften Boden eine sehr starke Knöllchenbildung stattgefunden hatte. Desgleichen zeigte sich, dass auf dem nicht geimpften Boden, dessen Pflanzen besonders in der ersten Zeit hinter den geimpften zurückblieben, dennoch eine Knöllchenbildung eintrat, und die Erträge nicht in dem Masse geringer waren, als die erste Entwickelung der Pflanzen vermuten liess."

„Es geht also aus diesen, ausschliesslich in Vegetationsgefässen ausgeführten Versuchen hervor, dass auf dem gekalkten Hochmoorboden auch ohne künstliches Zuthun die die Knöllchenbildung hervorrufenden Lebewesen sich einfinden, und dass der Vorteil des Impfens vornehmlich darin zu suchen ist, dass dadurch die Einwanderung der letzteren beschleunigt wird, die Knöllchenbildung also schneller von statten geht, was für die Entwickelung der Pflanzen natürlich sehr wesentlich ist."

Die Feldimpfversuche wurden teils auf Hochmoorland, teils auf älterem Kulturland und zwar mit Pferdebohnen und Kapuzinererbsen im Gemenge, sowie mit Kleegras angestellt.

---

*) Protokoll der 24. Sitzung der Central-Moor-Kommission, S. 12, 13. Berlin. 1890. Buchdruckerei der „Post", Kayssler & Co.

Zwischen den Erfolgen der Impfung auf altem und neuem Lande zeigte sich sehr bald ein charakteristischer Unterschied insofern, als die Wirkung des Impfens auf dem Neuland überall eine weit hervorragendere war, als auf älterem Kulturland. Die durchschnittliche Ertragssteigerung auf ersterem betrug bei Erbsen und Bohnen

74 % Korn und 22 % Stroh.

Auf älterem Kulturlande wurde bei Bohnen und Erbsen in einem Falle gar keine Steigerung des Kornertrages, aber eine sehr erhebliche der Stroherente erzielt; in allen übrigen betrug die Steigerung im Durchschnitt

18 % des Korn- und etwa 1/2 % des Stroh-Ertrages,

blieb also weit hinter dem auf Neuland durch die Impfung erzielten Mehr zurück. —

Versuche des Schwedischen Moorkultur-Vereins und der Schwedischen Moor-Versuchsstation unter Leitung von Dr. C. von Feilitzen in Jönköping im Jahre 1890.*)

Es zeigte sich bei den zuerst in den Emsmooren und dann in den bremischen Mooren ausgeführten Versuchen, dass es selbst auf ganz rohem Hochmoorboden gelingt, schon im ersten Kulturjahr gute Hülsenfrüchte zu erzielen, wenn man die zum freudigen Gedeihen derselben nötigen Bakterien durch Aufbringen verhältnismässig geringer Mengen fruchtbarer Erde dem Moor zuführt. Die von Direktor von Feilitzen auf den Versuchsfeldern in Strömsberg und Flahult angestellten Versuche brachten eine augenfällige Bestätigung unserer Versuche. Auf 4 Parzellen in Flahult, welche gleichmässig pro ha mit 57,5 hl Kalk, 200 kg Lahnphosphorit, 600 kg Thomasphosphat und 800 kg Kainit gedüngt waren und zur Hälfte keine, zur Hälfte 4000 kg „Impferde" pro ha erhalten hatten, zeichneten sich bei der diesjährigen Besichtigung Felderbsen und Peluschken der „geimpften" Parzellen auf das Vorteilhafteste vor denen der nicht geimpften aus und werden zweifellos eine weit höhere Ernte als die letzteren erbracht haben. Bei einem im Jahre 1890 auf dem Versuchsfelde in Strömsberg ausgeführten Versuch mit Erbsen auf 4 besandeten und 4 unbesandeten Hochmoorparzellen, welche gleichmässig gekalkt und gedüngt waren und zur Hälfte 4000 kg Impferde erhalten hatten, wurden folgende Resultate erzielt:

Erbsen. Geerntet pro ha (in kg) auf den

	nicht geimpften Parzellen		geimpften Parzellen	
	Korn	Stroh	Korn	Stroh
Unbesandetes Moor a)	180	2700	725	3870
„ „ b)	240	4000	930	4220
Besandetes „ a)	370	2940	1370	3850
„ „ b)	800	3670	1440	4370

Durch das Impfen war mithin der Kornertrag um 108, der Strohertrag um 23 % gesteigert worden. Dabei waren die Körner der geimpften Pflanzen weit besser entwickelt als die der nicht geimpften; denn

*) Nach dem Referate von Prof. Dr. Fleischer in den „Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche. 1893. S. 339.

1000 Körner der ersteren wogen 96,6 g,
1000 „ „ letzeren „ 108,1 g.

Auf dem Versuchsfelde in Flahult wurden Versuche bei einem Gemenge von Erbsen, Peluschken und Wicken angestellt. Es wurden an trockner Masse auf den Versuchsparzellen geerntet:

	Auf besandetem Hochmoor	Auf nicht besandetem Hochmoor
Ohne Impfung	38,5 kg	39 kg
Mit Impfung	117,0 „	111 „

Die Ergebnisse dieser Versuche bestätigen mithin durchweg die hohe Bedeutung des „Impfens“ für rohen Hochmoorboden.

(Die Impfung war am 28. Mai ausgeführt; an demselben Tage wurden die Ackererbsen gesät; bald zeigte sich ein augenfälliger Unterschied zwischen den geimpften und ungeimpften Parzellen; erstere boten einen frischgrünen, letztere einen bleichgelben Anblick dar. Im Originalberichte von Feilitzen finden sich Abbildungen beiderlei Pflanzen am 10. Juli; erstere waren die grössten und viel reichlicher mit Wurzelknöllchen versehen. Nach und nach entwickelten sich auch die letzteren besser, blieben jedoch stets hinter den geimpften weit zurück.)

Versuch der Schwedischen Moor-Versuchsstation unter Dr. C. von Feilitzen im Jahre 1893.*)

Auf dem Versuchsfelde in Flahult. Einige Parzellen erhielten pro 1 ha 2200 Tonnen Sand; sowohl der besandete wie der übrige Teil der Parzellen wurden mit 63 Tonnen gelöschtem Kalk, mit 800 kg 15 % haltiger Thomasschlacke und mit 640 kg 15 % haltiger schwefelsaurer Kali-Magnesia pro ha gedüngt. Sowohl die besandeten wie die nicht besandeten Parzellen wurden zur Hälfte mit 40 hl Impferde pro ha besät.

Die getrocknete Futterernte, aus Peluschken, Erbsen und Wicken bestehend, betrug pro ha:

mit Sand und mit Impfboden	117 kg,
mit Sand, ohne Impfboden	38,5 „
ohne Sand, mit Impfboden	111 „
ohne Sand, ohne Impfboden	39 „

Die Bedeutung der Impfung ist durch mehrere Versuche jetzt so klargelegt, dass weitere Versuche hierüber nicht ausgeführt zu werden brauchen.

b) Versuche mit Klee.

Auf dem Ackerlande der Versuchsflächen der Moor-Versuchsstation im Hochmoor werden Rotklee (Trifolium pratense) und Bastardklee (Trifolium hybridum) im Gemisch mit einigen Ackergräsern gesät. Bei der Anlage von Dauerwiesen kommen zu diesen Kleearten noch weisser kriechender Klee (Trifolium repens) und zottiger Schotenklee (Lotus corniculatus villosus) und viele Gräser.

---

*) Biedermanns Centralblatt für Agrikulturchemie. 1894, S. 810.

Versuch der Bremer Moor-Versuchsstation.*)

Prof. Dr. Fleischer berichtete hierüber: „Auf einem erst vor zwei Jahren aus der Haide umgebrochenem Hochmoor, welches im ersten Jahr Hafer mit untergesäetem Klee und Gras trug, wurden im zweiten Jahre

> ohne Schlickimpfung 18, mit Impfung von Seeschlick 24½, also in dem letzteren Falle auf ¼ ha 6½ Ctr. oder 36 % mehr geerntet.“

„Auf altem Kulturland, welches allerdings schon 54 Ctr. Kleegrasheu pro ¼ ha ohne Impfung brachte, blieb die Impfung völlig wirkungslos. Offenbar waren hier die zum Gedeihen des Klee nötigen Lebewesen in ausreichender Masse von Anfang an vorhanden gewesen.“

„Auch auf Hochmoorneuland-Wiesen mit älteren Beständen, worauf der Klee gegenüber den Gräsern schon fast verschwunden und worauf infolgedessen die den Graswuchs fördernde Stickstoffdüngung von wohlthätigem Erfolge war, brachte die Impfung nur eine sehr geringe Wirkung hervor; dieselbe würde wahrscheinlich grösser gewesen sein, wenn man damit eine Nachsaat von Klee verbunden hätte.“ —

In der 26. Sitzung der Central-Moor-Kommission erwähnte Professor Dr. Fleischer: „Ueber die günstigen Wirkungen des Seeschlicks auf dem Hochmoorboden habe ich oft berichtet. Auch die diesjährigen Versuche (1890) thun wieder ausserordentlich deutlich dar, wie überall, wo Schlick verwendet werden kann, das wichtige Problem, möglichst bald gute Futterflächen auf dem Moorboden zu schaffen, als gelöst angesehen werden kann. Wenn es auch bereits gelungen ist, allein bei Verwendung von Kalk oder Mergel und Kunstdünger selbst auf Hochmoorneuland ergiebige Kleegrasfelder zu schaffen, so war das Gelingen dieser Anlagen doch noch nicht so sicher, als wir es wünschen müssen, und ausserdem kostspielig, weil zur Förderung des Graswuchses auf Neuland die Salpeterdüngung nicht erspart werden konnte. Wir haben die Bodenimpfung im Vorjahre mit günstigem Erfolge zu Klee-Gras auf Hochmoorneuland ausgeführt. Auf einer auch ohne Schlick recht gut bestandenen Fläche wurden schon im ersten Jahre durch Impfung pro ¼ ha 6 Ctr. Kleegrasheu mehr geerntet als auf der nicht geimpften. Weit sicherer, weil zugleich bodenanreichernd und die Absorbtionsfähigkeit vermehrend wirkt aber das Aufbringen grösserer Mengen Seeschlick. In diesem Frühjahr erhielt dieselbe Fläche durchgängig pro ¼ ha 125 Ctr. Seeschlick, und zwar so spät, dass derselbe beim ersten Schnitt noch keinen Erfolg ausübte; dagegen wurden in beiden Schnitten pro ¼ ha 37 Ctr. Kleegrasheu geerntet. Nach unseren früheren Erfahrungen würde die Fläche ohne Schlick höchstens 20 Ctr. gebracht haben. Das Plus von 17 Ctr. kommt auf die Rechnung des Schlicks.“

Da bei diesen Bremer Versuchen schon bei geringen Mengen von Seeschlick der namhafte Mehrertrag von 6½ Ctr. Kleegrasheu pro ¼ ha erzielt wurde, so ist anzunehmen, dass das Hochmoor nach der Kalkung bezw. Mergelung verbunden mit etwas Seeschlick ein günstiger Boden zur schnellen Vermehrung der Knöllchenbakterien wird. —

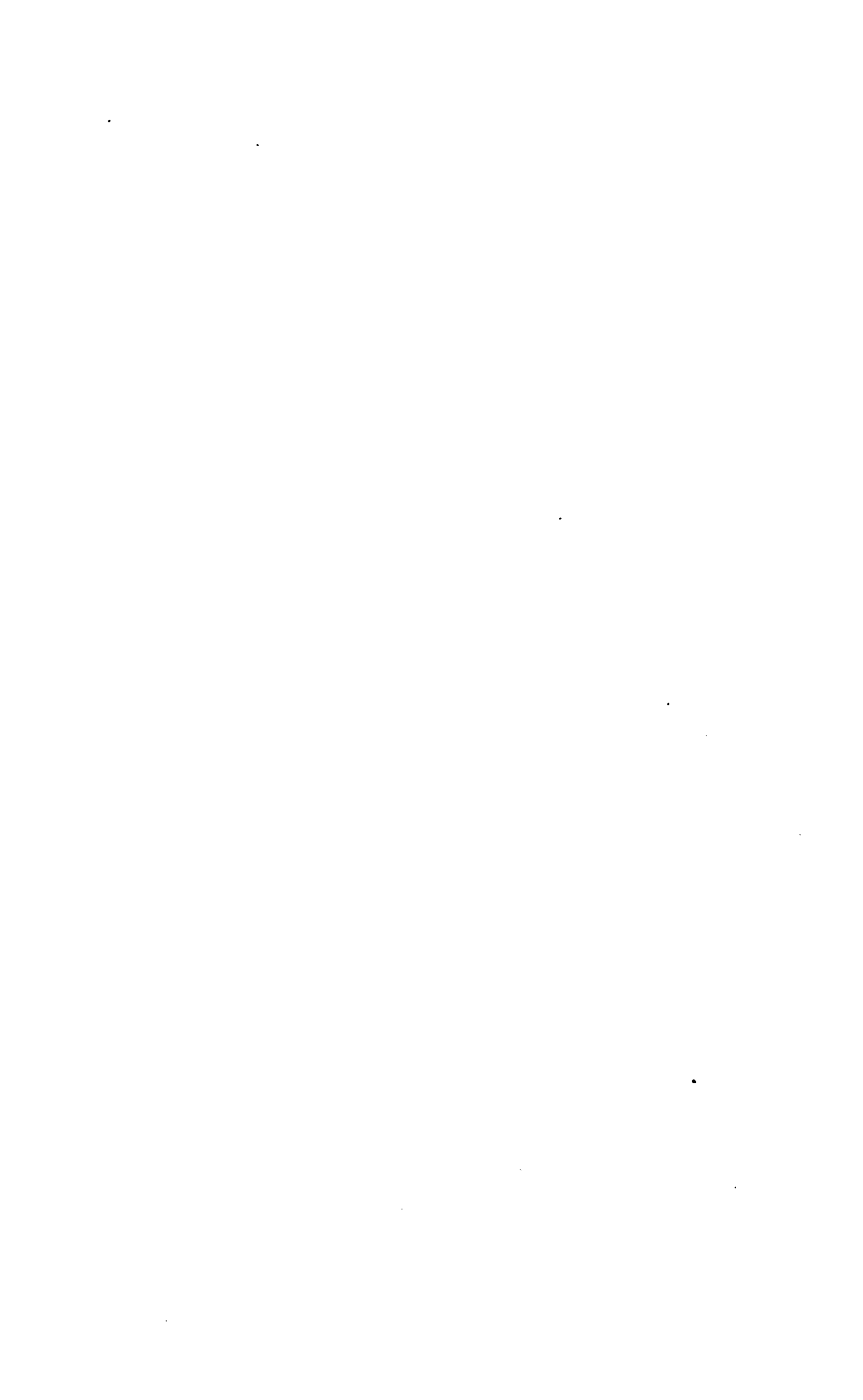
---

*) Protokoll der 24. Sitzung der Central-Moor-Kommission. 1890.

Unsere in den Ems-Mooren seit 10 Jahren an verschiedenen Orten auf Neuland angestellten Kleegrasversuche bestätigen die oben erwähnten Darlegungen von Professor Dr. Fleischer. Es konnte in den Ems-Mooren bisher kein Mergel, sondern nur Aetzkalk zur Verwendung gelangen. Wir säeten das Kleegras stets unter eine dünnbestandene Ueberfrucht Hafer oder Winterroggen und gaben der Ueberfrucht immer pro ha wenigstens 200 kg Chilisalpeter. Der junge Klee hat in seiner ersten Vegetationszeit hiedurch sicher eine Kräftigung erhalten, und es ist der Stickstoff nicht allein der Halmfrucht und den Gräsern zu gute gekommen. Auf Neuland, das vor der Urbarmachung seit längeren Jahren nicht gebrannt und stark mit Haidekraut benarbt war, sahen wir meistens die verschiedenen Klee-Arten im Jahre nach der Aussaat sich sehr befriedigend und zuweilen sehr üppig entwickeln. Trotzdem sind wir der grösseren Sicherheit des Gelingens wegen auch auf Haide-Neuland zur Impfung mit 2000—4000 kg holländischer Marscherde pro ha übergegangen. So geschieht es auch im Provinzial-Moor bei Meppen auf grossen Kleegrasflächen mit dem besten Erfolge.

Auf Hochmoor, welches in den letzten Jahren zur Brandkultur benutzt wurde, scheinen nach der Entwässerung, Kalkung und Bearbeitung für den Klee die Knöllchenbakterien nach unseren vielen Versuchen viel weniger als für Pferdebohnen, Erbsen, Peluschke und Serradella zu fehlen; denn die Kleegrasflächen entwickelten sich schon ohne Bodenimpfung zwar langsam und zuerst dürftig, dann aber vom zweiten oder vom dritten Jahre an ohne Stickstoffdüngung häufig beinahe befriedigend, aber selten sehr üppig. (Die Rentabilität wurde durch diese langsame Entwickelung des Klee jedenfalls sehr beeinträchtigt.) Nun ist zu bemerken, dass Pferdebohnen und Erbsen keine Stickstoffdüngung erhielten. Serradella unter Winterroggen gesäet nimmt aber an der Stickstoffdüngung des Roggens teil und bedarf, wie weiter unten dargethan wird, auf Hochmoor-Neuland ganz besonders der Zuführung von Impferde. Die Erklärung des verschiedenen Verhaltens dieser Leguminosen — wenn keine Bodenimpfung angewendet wird — ist wahrscheinlich in der viel längeren Vegetationszeit der von uns benutzten Klee-Arten zu finden, als dieses bei Pferdebohne, Erbse, Peluschke und Serradella der Fall ist. Die letzteren Leguminosen verkümmern, wenn sie nicht in ihrer ersten Vegetationsperiode von Knöllchenbakterien infiziert werden; dagegen konnte unser bei der Aussaat mit Stickstoff gedüngte Klee sich so lange behelfen und im ersten Jahre, wenn auch meist sehr schwach fortvegetieren, bis auch ohne Impfung die Knöllchenbakterien sich vermehrten.

Es lag nun für die Ems-Moore nach dem günstigen Ausfall der oben beschriebenen Impfversuche bei Pferdebohne, Erbse und Peluschke, nahe, zu versuchen, ob durch „Impfung“ mit kleinen Quantitäten von Wiererde aus Holland (Marscherde) bei verschiedenen Klee-Arten auf gebranntem und dann kultiviertem Hochmoore ähnliche Ergebnisse erzielt werden könnten, um die Rentabilität zu erhöhen.



Trifolium hybridum, Bastard- oder schwedischer Klee.

1/2 der natürlichen Grösse.



a. Ohne Impferde. b. Mit 1000 kg Marscherde auf 1 ha

Gr. Fullener Versuchswirtschaft, 16. September 1889.

Versuch der Ems-Abteilung der Moor-Versuchsstation in der Gr. Fullener Versuchswirtschaft auf Hochmoor-Neuland-Wiese in den Jahren 1888—1890.*)

(Siehe die Abbildungen von Trifolium hybridum auf Tafel 3.)

Im Herbst 1888 traf ich für ein Kleegras-Gemenge die Vorbereitungen zu einem vergleichenden Versuche mit Wiererde aus Holland. Diese Fläche war vor dem Ankauf im zweiten Turnus etwa 6 Jahre gebrannt und ohne Düngung jährlich mit Buchweizen besät. Seitdem hatte der Boden etwa 5 Jahre geruht und bei Ausübung von Schafweide nur eine spärliche Vegetation erzeugt, die vorzugsweise aus Holcus mollis, Molinia coerulea und Binsen bestand. Haide war nur wenig und in dürftigen Exemplaren vertreten. Im Sommer 1886 wurde der Boden auf den früheren Brandflächen 7 cm tief und auf den früheren Grabenflächen und deren Rändern 50 cm tief umgehackt. Im Jahre 1887 wurde mit einer mässigen Düngung von Kainit und Thomasschlacke ohne Brand Buchweizen gebaut, unter dessen Beschattung die zähe Narbe der Molinia und Binsen sich zersetzte.

Im Juni 1888 wurden pro ha 4000 kg Aetzkalk sehr genau abgewogen, zu Staub gelöscht, gestreut und durch wiederholte Bearbeitung mit Eggen und Handgeräten bis zu etwa 12 cm Tiefe mit dem Boden vermischt. Ende Oktober 1888 wurden auf der ganzen Fläche von 95,4 ar pro ha 1200 kg Kainit und 600 kg Thomasschlacke ausgestreut, bezw. für jedes Ackerstück genau abgewogen. Zu derselben Zeit wurden an Marscherde mit der Hand ausgestreut:

auf 4	Abteilungen	von	je 1	ar	pro	ha	4000 kg
„ 4	„	„	„ 1	„	„	„	3000 „
„ 4	„	„	„ 1	„	„	„	2000 „
„ 4	„	„	„ 1	„	„	„	1000 „
und 4	„	„	„ 1	„	„	„	erhielten keine Marscherde.

Die Marscherde war in speckigem Zustande, wurde nach Möglichkeit vor dem Abwiegen und Ausstreuen zerkleinert, war aber trotzdem nicht entfernt so gepulvert, als wenn starker Frost und hinterher Dürre darauf eingewirkt haben.**)

Am 26. April 1889 wurden als Ueberfrucht pro ha 100 kg Hafer ausgesäet und etwa 10 cm tief untergebracht, und im Interesse des Hafers pro ha 190 kg Chilisalpeter gegeben. Am 2. Mai wurde der Klee- und Grassamen ausgesäet und mit der Walze angedrückt.

Die Fläche ist zu einer Dauerwiese bestimmt und erhielt pro ha eine Aussaat von:

0,5 kg Trifolium pratense perenne, Bullenklee,
1,0 „ Trifolium hybridum, schwedischer Klee,
1,5 „ Trifolium repens, weisser kriechender Klee,
2,0 „ Lotus corniculatus villosus, zottiger Schotenklee,
und 42,0 „ Obergräser, Untergräser und Kümmel.

*) Veröffentlicht in der Deutsch. landw. Presse. 1889, No. 87.

**) Auf dem grösseren Teile der Fläche, der nicht zum vergleichenden Versuche genommen wurde, liess ich Ende April 1889 pro ha gleichmässig 4000 kg Marscherde ausstreuen.

Die Beimischung von Kleearten war also nur geri und betrug etwa 20 % der Gesamtzahl der keimfähigen Samenkörn und der ganzen Mischung.

Der ungewöhnlich warme Mai mit einigen starken Gewitterreg und die bis Mitte Juli anhaltende Wärme hatten einen sehr günstig Einfluss auf die Vegetation. Bei dem dünnen Stande entwickelte s der Hafer mit starken Halmen, wurde am 2. August gemäht und liefe pro ha den Ertrag von 1670 kg Korn und 2726 kg Stroh. Bei d Hafer war keine Wirkung der verschiedenen Gaben von Marscher nachzuweisen.

So lange der Hafer nicht gemäht war, hielt es schwer, bei d untergesäeten Kleearten eine Verschiedenheit der Vegetation zu be achten. Die Ueberfrucht verdeckte die Untersaaten. Als aber d Hafer mit dem jungen Klee und Gras am 3. August 1 gemäht und das Kleegras wieder nachgewachsen w waren vom 29. August und noch mehr vom 6. September erhebliche Unterschiede in der Entwickelung des Kl zu bemerken, Unterschiede, die schon von weitem sehen waren.

Alle Kontrollabteilungen des vergleichenden Versuches stimm gut unter einander überein.

Die Abteilungen ohne Marscherde zeigten den Kl sehr lückenhaft bestanden und im Durchschnitt schwäc lich entwickelt. Die Knöllchenbildung an den Wurze der Kleepflanzen war spärlich. An einzelnen Stellen beobacht ich vom 16. September an etwas bessere Vegetation, das erste Zeich dass der Klee sich auch ohne Impferde behilft, und dass sich die Mikro- organismen von den übrigen Abteilungen her weiter verbreiten.

Auf allen 4 Abteilungen mit 10 kg Marscherde per ar war der Klee dicht bestanden, bedeutend üppiger und länger entwickelt und von viel dunkeler Farbe, als auf den Abteilungen ohne Marscherde. Die Wurzeln waren reichlich mit Knöllchen besetzt. Einzelne Kleepflanzen hatten bereits eine oberirdische Länge von 42 cm und standen am 16. September in Blüte.

Auf den übrigen Abteilungen war der Klee immer etwas üppiger, je mehr Marscherde gegeben wurde; aber die Unterschiede waren von 10 zu 20 kg, von 20 zu 30 kg, von 30 zu 40 kg Marscherde per ar viel geringer, als die oben bezeichneten.

Der Klee stand bereits am 6. September auf der grösseren Fläche von 75,4 ar, die gleichmässig pro ha 4000 kg Marscherde erhielt, so üppig, dass er von Hornvieh abgeweidet werden konnte, wenn man nicht die tiefen Tritte dieser Tiere in dem lockeren Boden befürchten musste. Einen so üppigen Stand von Klee im Herbst nach der Aussaat hatte ich sonst nur auf dem besten kleefähigen mineralischen Boden gesehen. Die Erwartungen, welche ich an die Impfung mit Marscherde geknüpft hatte, sind also vollständig erfüllt worden. In dem Zustande, in welchem die Marscherde im landwirtschaftlichen Betriebe zur Verwendung kommt, werden künftig pro ha 2000 kg im Preise von 1 Mk. 20 Pf. vollständig ausreichen, um die Kleearten schnell zu

ner üppigen Entwickelung zu bringen. Ist dies einmal geehen, so genügt in den nächsten Jahren eine reichliche Düngung mit .li und Phosphorsäure.

Es mag hier erwähnt werden, warum das Ausstreuen der Marschle im Hochmoor in der Regel bei unseren Versuchen im Herbst vor r Aussaat der Leguminosen geschah, obgleich hiermit der Umstand rbunden ist, dass die Impferde den ganzen Winter auf der Oberfläche s vorher gelockerten Bodens liegen bleibt. Es geschah dieses Ausreuen im Herbst bei trockener Witterung, weil die Marscherde — auf oorboden in Haufen lagernd — meistens bis weit in den Mai hinein feucht bleibt, um das gleichmässige Ausstreuen mit der Hand zu estatten.

Im Herbste 1889 erhielt die ganze Wiese pro ha wieder 1200 kg ainit und 600 kg Thomasphosphat à 20 % Phosphorsäure, wobei wieder ir jede Abteilung der Dünger genau abgewogen wurde. Stickstoffüngung wurde im Jahre 1890 nicht angewendet.

Der Sommer 1890 brachte nur anfangs trockene Witterung und ann häufig Niederschläge; Wärme fehlte nicht. Es ist schon erwähnt, ass die Unterschiede zwischen den geimpften und ungeimpften Abeilungen sich nach und nach etwas ausglichen. Von den geimpften bteilungen wurden beim ersten Schnitte des Jahres 890 an Heu 28 % mehr als auf den ungeimpften geerntet.)as ist immerhin noch ein erheblicher Mehrertrag infolge der Impfung nit den geringen Quantitäten von Marscherde. Es werden durch die Bearbeitung des Bodens nach dem Impfen Knöllchenbakterien über die renzen der kleinen Abteilungen geführt sein. Wenn jede Versuchsbteilung einen ganzen Acker umfasst hätte, und wenn eine Verschleppung ler Knöllchenbakterien durch die Ackerwerkzeuge sorgfältig vermieden wäre, so würden die Unterschiede wahrscheinlich viel grösser ausgefallen sein.

Von der ganzen Fläche von 95,4 ha wurden im Jahre 1890 in zwei Schnitten zusammen

pro ha berechnet 8420 kg Kleegrasheu

bester Qualität geerntet. Am üppigsten waren in diesem Jahre roter Klee und Bastardklee in dem Bestande entwickelt und zwar so reichlich, dass die anderen Pflanzen dadurch in ihrem Gedeihen etwas gestört wurden. Als in dem harten Winter 1890/91 der rote Klee verschwand und in den nächsten Jahren sich auch der Bastardklee verminderte, nahmen bei fortgesetzter Kali-Phosphat-Düngung der weisse kriechende Klee und der zottige Schotenklee mit zwar geringen, aber doch sehr befriedigenden Erträgen den ganzen Bestand ein.

Solche Erträge an Kleegras hatten wir vor der Anwendung der Bodenimpfung nie auf unkultiviertem Hochmoor erzielt. Der Kleebau hat auf diesem Boden — und besonders auf dem gebrannten — durch die Impfung an Sicherheit und Schnellwüchsigkeit bedeutend gewonnen.

Dieses Verfahren ist dann in ausgedehnter Weise in den übrigen Teilen der Ems-Hochmoore in unserer Twister und Adorfer Versuchswirtschaft, im Provinzial-Moore und von vielen Kolonisten der benachbarten Kolonien, besonders in Hebelermeer und Lindloh auf Wildland beim Kleebau, und zwar in den meisten Jahren mit dem günstigsten

Erfolge und ähnlichen Erträgen nachgeahmt. Der fortwährenden Futternot der Moorkolonien ist durch den Kleegrasbau mit Hülfe der Impfung Abhülfe geschaffen. Am sichersten ging selbst in den trockensten Frühjahren das Kleegras auf den nur wenig entwässerten und weniger zersetzten Flächen auf, wo noch keine Vorfrucht gewesen war, weil hier die Oberfläche durch Kapillarkraft das Wasser besser aus dem Grundwasser erhält.

Welch ausserordentlicher Fortschritt durch die grössere Sicherheit und Rentabilität des Kleebaus auf dem neukultiviertem Hochmoor bewirkt ist, geht daraus hervor, dass dieser Boden vor 25 Jahren beinahe gar keinen Wert hatte. Durchschnittlich wurde bei der damaligen Grundsteuerregulierung der Grundsteuer-Reinertrag für einen preussischen Morgen unkultiviertes Hochmoor bezw. Brandland zu 10 Pfennigen geschätzt. Jetzt ist in dem nordwest-deutschen Klima die Möglichkeit vorhanden, ohne tierischen Dünger auf solchem Boden Kleebau mit derselben Sicherheit und demselben Erfolge wie auf den besseren mineralischen Bodenarten der norddeutschen Ebene zu treiben. —

Ich erwähne hier noch eine Erfahrung, die wir in der Gr. Fullener Versuchswirtschaft bei Meppen vor der Einführung der Impfung in den Jahren 1888 und 1889 machten. Auf den beiden Flächen von je 1 ha war — wie bei den Pferdebohnen und Erbsen — die Hälfte vor der Urbarmachung seit 30 Jahren nicht gebrannt und dicht mit Haide bestanden, die andere Hälfte dagegen unmittelbar vor der Kalkung 3 Jahre gebrannt. Als erste Frucht unter Hafer wurden pro ha 4 kg Trifolium pratense und 6 kg Trifolium hybridum mit vier Arten von Obergräsern gesäet, und zwar ohne tierischen Dünger. Wo vorher gebrannt war, stand der Klee lückenhaft und schwächlich, dagegen dicht geschlossen und befriedigend, wo seit 30 Jahren nicht gebrannt war. Jedoch war auf der letzteren Hälfte die Farbe der Blätter nicht so dunkel und die Entwickelung des Klee bei weitem nicht so üppig, als auf der vorhin beschriebenen Dauerwiese mit Impferde. Auf der gebrannten Fläche wäre also eine Impfung für den Klee noch dringender nötig gewesen, als auf der früheren Haidefläche. —

c) Topfversuche mit Erbsen, Rotklee und Bockharaklee in sogen. jungfräulichem Hochmoor, im Jahre 1890 von Professor Dr. B. Frank in Berlin.*)

Es sollten dabei besonders die Fragen untersucht werden: Ist der Symbiosenpilz der Leguminosen im Hochmoor schon von vornherein vorhanden und: Kann durch eine geeignete Bodenimpfung und dadurch bewirkte Einführung von Keimen des Leguminosenpilzes der Ertrag der Leguminosen auf dem Moorboden noch gesteigert werden?

Das Material zu diesen Versuchen ist von dem Verfasser dieser Schrift beschafft; ich war im April 1890 bei der Auswahl, Gewinnung und Verpackung der Hochmoorerde selbst zugegen. „Es handelte sich darum, Moorerde von einem „jungfräulichen“, d. h. nie gebranntem und noch nie kultiviertem Hochmoor zu gewinnen, welches also auch noch

*) Landw. Jahrbücher, 1892.

niemals irgend welche fremden Bestandteile zugeführt erhalten hat. Die betreffende Moorfläche (zwischen Rühlertwist und Schöninghsdorf) liegt 450 m von dem nächsten mit Stallmist gedüngten kleinen Hochmooracker eines Kolonisten, der dort erst seit wenigen Jahren kultiviert hat; die nächsten Sandhügel oder mit Sand bedeckten Wege sind etwa 4 Kilometer weit entfernt; und ebenso weit sind von diesem jungfräulichen Moor die nächsten Flächen entfernt, wo sich Kleepflanzen auf Wiesen oder Versuchsflächen der Moor-Versuchsstation befinden. In der ganzen Umgebung dieses jungfräulichen Moores ist Brandkultur getrieben, wobei nur Buchweizen gebaut worden ist. Da es nicht unmöglich ist, dass nach dem Brennen des Moores der Umgebung bei starkem Winde etwas Moorasche über das jungfräuliche Moor geweht ist, so wurden die Proben aus der Mitte des letzteren entnommen. Die Vegetation besteht daselbst aus Erica tetralix, Calluna vulgaris, wozu noch Narthecium ossifragum und andere Nicht-Leguminosen nebst Sphagnum hinzukommen. Die Probe wurde aus der Oberfläche von 0—20 cm von einer Fläche von 2½ qm mit dem Spaten abgehoben, mit den Händen in kleinere Stücke zerrissen und dann an Ort und Stelle in neue reine Jutesäcke verpackt und nach Berlin gesendet Hier wurde die Moorerde in der Weise für die Kulturgefässe präpariert, dass die grösseren kompakten Erdstücke zerrissen und nur Erde aus dem Inneren derselben genommen wurde. Somit war alles Mögliche geschehen, um reine ursprüngliche Moorerde ohne fremde Beimischung in die Kulturen einführen und um prüfen zu können, ob auch in solcher Erde die Erbse und der Rotklee infiziert und zur Knöllchenbildung veranlasst werden könnten.

„Die Kulturen mit Erbse wurden in 16 cm weiten, innen glasierten, nicht durchlochten Thontöpfen vorgenommen. In jedem derselben wurde die Moorerde mit 1,5 g reinem kohlensaurem Kalk, 1 g Thomasschlacke und 0,5 g Kainit vermischt, und in jeden derselben wurde 1 Erbsensamen gesäet; das Begiessen fand nur mit destilliertem Wasser statt. Es wurden zwei Parallelkulturen angestellt: eine Reihe ohne Impfung, eine zweite mit Impfung mit je 4 g Lupinenerde. Der Versuch dauerte vom 5. Mai bis 26. August 1890, also 113 Tage, ein für die Erbse etwas langer Zeitraum, was sich aber aus der Art, wie die Pflanzen sich entwickelten, erklärt. In den ersten Wochen zeigten dieselben nämlich einen keineswegs hoffnungerweckenden Zustand; sie wuchsen sehr langsam, blieben ziemlich gelbgrün gefärbt und einige gingen dabei sogar endlich zu grunde. Erst später besserte sich der Zustand auffallend; das Wachsen wurde viel lebhafter, die Farbe wandelte sich in ein tieferes Grün, es kamen Blüten und Früchte zur Entwickelung; und es ist mir sehr wahrscheinlich, dass dies mit der vermutlich erst spät erfolgten Infektion und dem Zustandekommen der Symbiose zusammenhing. Da von den Versuchspflanzen mehrere eingegangen waren, so konnten nur je 3 von jeder Versuchsreihe zur Erntebestimmung genommen werden, die im Nachstehenden verzeichnet ist.“

Pisum sativum in Hochmoorboden.

Boden.	Ernte.	Infektionszustand.
1. Ungeimpft.	11,2 g Trockensubstanz von 3 Pflanzen mit 80 bis 140 cm hohen Stengeln, 5 Früchten und 15 reifen Samen.	Jede der 3 Pflanzen hat mehrere echte Wurzelknöllchen, die im Reifezustande ziemlich entleert sind.
2. Geimpft.	17,3 g Trockensubstanz von 3 Pflanzen mit 106 bis 121 cm hohen Stengeln, 7 Früchten und 30 reifen Samen.	Jede der 3 Pflanzen hat mehrere i. Reifezustande ziemlich entleerte echte Wurzelknöllchen.

„Für die Erbse ist augenscheinlich der Hochmoorboden keine besonders günstige Bedingung,*) wie aus dem besseren Resultate hervorgeht, welches diese Pflanze in dem Versuche mit Humusboden lieferte. Nichtsdestoweniger ist die Ertragssteigerung deutlich, welche auch für diese Pflanzen auf dem Moorboden durch eine Impfung mit gewöhnlicher Ackererde herbeigeführt wurde. Von besonderem Interesse ist aber, dass Wurzelknöllchen, also Symbiose mit dem Rhizobium, nicht bloss nach Anwendung von Impferde, sondern auch spontan in der reinen Moorerde, die nicht absichtlich mit fremdem Boden vermengt worden war, zum Vorschein kamen. Man müsste aus diesem Ergebnisse schliessen, dass die Keime des Leguminosenpilzes auch in dem natürlichen Hochmoor vorhanden sind, wenn man nicht annimmt, dass dieselben in der Luft so verbreitet sind, dass die Leguminosen garnicht durch den Boden infiziert zu werden brauchen, sondern schon durch die Luft es werden können.“

Mit derselben Moorerde jungfräulichen Hochmoorbodens, welche zu den oben angeführten Versuchen mit der Erbse diente, hat Frank auch mit Rotklee Versuche angestellt. Da es auch hier nicht auf vergleichende Stickstoffbestimmungen des Bodens abgesehen sein konnte, sondern es wiederum nur darauf ankam, die Entwickelungsweise und Produktion des Klees an Trockensubstanz mit und ohne Impfung der Moorerde zu prüfen, so wählte er hierzu gewöhnliche irdene Blumentöpfe von 21 cm Höhe und 17 cm oberer Weite, die vorher noch nicht

*) Anmerkung von Salfeld. Mit diesen Ausführungen Franks über die Erbse kann ich mich nicht einverstanden erklären. Frank verwendete zu Erbsen „Lupinen-Impferde“. Hieraus erkläre ich die Erscheinung, dass die Erbsen anfangs sehr langsam wuchsen und gelblich-grün blieben, dass die Infektion mit Pilzen so spät erfolgte und dass mehrere Versuchspflanzen eingingen. Dasselbe Ergebnis haben wir, wie oben erwähnt, bei unserem Versuche in Hesepertwist bei Erbse mit Lupinen-Impferde gehabt. Wo wir aber zu Erbse Erbsen-Impferde oder in anderen Fällen die holländische Marscherde anwendeten, entwickelten sich bei günstiger Witterung die Erbsen ohne das Franksche Stadium des sichtlichen Stickstoffhungers stetig und schnell vom Beginn bis zum Schluss der Vegetation mit enormer Ueppigkeit wie auf dem besseren mineralischen Boden, wobei allerdings bei nasser Witterung und Lagerung die Körnerbildung bedeutend litt.

gebraucht worden waren. Die Moorerde wurde mit allen den Vorsichtsmassregeln, die oben schon erörtert wurden, in die Töpfe gebracht und in derselben Weise mit kohlensaurem Kalk, Thomasschlacke und Kainit gedüngt. Die Impfung geschah wiederum mit je 4 g Lupinenerde.*) In jeden Topf wurden 5 gute Kleesamen eingesäet; nach der Keimung entwickelten sich die einzelnen Pflanzen unter sich nicht in jedem Topfe in gleichmässigem Verhältnis, indem eine oder die andere Pflanze mehr oder weniger unterdrückt wurde in dem Masse, als die anderen in demselben Topfe sich üppiger entwickelten, aber doch so, dass der Durchschnittsbestand in allen einzelnen Töpfen einer und derselben Versuchsreihe ein ziemlich gleicher wurde. Jede Versuchsreihe bestand aus 5 Töpfen.

Anfang des Versuches: 5. Mai.
Versuchsdauer: 120 Tage.

Boden.	Ernte.	Infektionszustand.
1. Ungeimpft.	57,5 g Trockensubstanz; 32 durchschnittlich 57 cm hohe, blühende Stengel.	An allen Pflanzen befinden sich Wurzelknöllchen, vorzugsweise i. d. oberen Bodenschicht.
2. Geimpft.	67,5 g Trockensubstanz; 36 durchschnittlich 56 cm hohe, blühende Stengel.	Knöllchenbildung überall und nicht wesentlich anders als in No. 1.

„Wenn wir berücksichtigen, dass dies die Produktion in nur je 5 Blumentöpfen ist, so giebt dieser Versuch eine weitere Bestätigung der von Salfeld nachgewiesenen grossen Kleefähigkeit des Hochmoores. Der Stand dieser Kleekulturen war zur Zeit, wo die Versuche abgeschlossen wurden, ein überraschend günstiger; in jedem Topfe hatte sich ein ziemlich dichter Stand zahlreicher, kräftiger und schön grün gefärbter Wurzelblätter gebildet, aus welchem die oben angegebene Zahl von blühenden Kleestengeln hervorragte.

„Es ist hervorzuheben, dass in Uebereinstimmung mit dem Erbsenversuch auf Moorboden auch die Kleepflanzen das Rhizobium gefunden haben, mit welchem sie dann in Symbiose getreten sind, und dass daher eine künstliche Einführung des Pilzes nicht unbedingt nötig gewesen sein würde. Zugleich aber ist doch die vorteilhafte Wirkung der Impfung mit Ackererde, wodurch augenscheinlich eine ausgiebigere Infektion bedingt wurde, unverkennbar; beides Thatsachen, welche im Einklange mit den Erfahrungen Salfelds stehen."

„Anhangsweise sei noch erwähnt, dass ich eben solche Versuche in geimpftem und ungeimpftem Moorboden mit Bokharaklee (Melilotus albus) gemacht habe, welche völlig analoge Resultate wie der Rotklee ergaben, d. h. die nicht geimpfte Kultur blieb anfangs bedeutend hinter

*) Anmerkung von Dr. Salfeld. Ist Lupinen-Impferde für Rotklee ebenso wirksam wie Klee-Impferde? Wahrscheinlich nicht nach den Nobbeschen Versuchen.

der geimpften zurück, besserte sich aber später allmählich und wurde so der geimpften ähnlicher, ohne sie jedoch an Dichtigkeit des Pflanzenbestandes völlig einzuholen. Wurzelknöllchen wurden schliesslich in beiden Kulturen gefunden.“

Von Interesse ist bei diesen Versuchen Franks, dass selbst in dem ungeimpften „jungfräulichen Hochmoor“ einzelne — nicht sämtliche — Individuen von Erbsen und Rotklee die Knöllchenpilze gefunden haben, bei den Erbsen allerdings verspätet. Uebrigens halten wir Feldversuche für den Erfolg der Bodenimpfung viel weittragender, als Franks Gefässversuche mit Moorerde; denn beispielsweise haben wir bei dem Erbsenanbau massenhafte Entwickelung erreicht, wogegen Frank aus seinen Versuchen zu dem unberechtigten Schlusse kommt, dass das Hochmoor für die Erbse augenscheinlich keine günstige Bedingung sei.

d) Versuche mit Serradella (Ornithopus sativus) auf Hochmoor-Neuland.

Die Serradella — ein Gewächs des feuchteren, tiefgründigen und gut kultivierten Sandbodens und lehmigen Sandbodens — wurde früher nicht im Hochmoor gebaut. Die Bremer Moorkolonisten machen allerdings auf eigene Hand kleine Versuche mit allen möglichen Pflanzen, und so sah ich dort vor längeren Jahren ohne Kalk, Mergel, Seeschlick und Kunstdünger auf altkultiviertem, bis dahin mit Mist gedüngtem Hochmoor neben einander kleine Flächen mit Serradella und Rotklee. Vor der Aussaat dieser Pflanzen war das Moor leicht gebrannt. Durch das Brennen war der Boden entsäuert, der humussaure Kalk in kohlensauren Kalk umgewandelt. Ob bei diesen Leguminosen eine Knöllchenbildung an den Wurzeln stattgefunden hatte, ist mir nicht bekannt. Die Entwickelung beider Leguminosen war im Verhältnis zu der gegebenen Düngung befriedigend.

Dieses kleinen Versuches erinnerte ich mich, als ich in den Ems-Mooren in unseren auf Neuland angelegten Versuchswirtschaften die ersten Versuche mit Serradella unternahm. Es war für diese Wirtschaften nicht mehr die Aufgabe, durch den Anbau von Serradella Futter für Hornvieh zu erzeugen, denn solches haben wir dort in allen günstigen Jahren in reichlicher Menge in dem Kleegras; sondern es war die Aufgabe, eine stickstoffsammelnde Gründüngungs-Pflanze zu schaffen, durch welche der atmosphärische Stickstoff mit geringen Kosten erworben wird zum Nutzen der nachfolgenden Kartoffeln oder Roggen. Der in diesen Wirtschaftsbetrieben erzeugte Stallmist reicht nach unseren Erfahrungen lange nicht aus, um den Stickstoffbedarf von Roggen und Kartoffeln zu befriedigen, und so mussten selbst nach den ersten beiden Uebergangsjahren nach der Neukultur ausser Kainit und Thomasphosphat noch bedeutende Quantitäten von Chilisalpeter — diesem teuren und von den Handelskonjunkturen abhängigen Stickstoffdünger — zu Hilfe genommen werden, um die höchstmöglichen Ernten von Kartoffeln und Roggen zu erzielen, weil der Hochmoorstickstoff so schwer löslich ist.

Professor Dr. J. Kühn kommt allerdings durch Berechnungen zu dem Ergebnisse, dass es rationeller sei, die Serradella als Futter und nicht zur Gründüngung zu verwenden. Wir haben jedoch in den Moor-

kolonien mit dem Umstande zu rechnen, dass das Futter bei Hornvieh nicht sehr hoch verwertet werden kann, und weiter mit der Thatsache, dass bei der Aufbewahrung des Stallmistes namhafte Verluste entstehen, weil man auf dem Hochmoor keine wasserdichte Pflasterung, Jaucherinnen und Düngerstätte machen kann. Die Serradella unter Winterroggen, der reif geerntet wird, kommt dort erst im Oktober zur grössten Entwickelung. Wollte man die grossen Massen von Serradella als Futter benutzen, so müsste sie um diese Zeit gemäht, zusammengefahren und grün gepresst werden. Dazu reichen gerade im Oktober die disponiblen Arbeitskräfte nicht aus, wogegen das Unterpflügen der grünen Serradella keine Schwierigkeiten macht und noch im November oder im folgenden Frühjahre vorgenommen werden kann.

Versuche der Ems-Abteilung der Moor-Versuchsstation mit Serradella in der Hesepertwister Versuchswirtschaft in den Jahren 1892, 1893, 1894.

Auf dem Schlag 4 (1 ha), wo längere Jahre gebrannt war, fingen wir im Jahre 1889 mit der Urbarmachung an und gaben pro ha 4000 kg Aetzkalk, der durch dreimalige Bearbeitung, zuletzt 20 cm tief, in demselben Sommer gründlich mit dem Boden gemischt wurde. Es wurden dann angebaut:

	mit Kainit kg	Thomasphosphat à 20 % kg	Chilisalpeter kg
im Herbst 1889 Moorroggen	1200	600	291
im Frühjahr 1891 Kartoffeln	1500	750	400
im Herbst 1891 Moorroggen	1200	600	292

Die Erträge dieser Gewächse waren mit Rücksicht auf die bedeutenden Mengen von Kunstdünger nicht befriedigend, weil der Boden auf diesem Schlage durch das langjährige Brennen zu sehr an Stickstoff ausgeraubt war; auch wäre es wahrscheinlich zweckmässiger gewesen, zu Kartoffeln im Jahre 1891 weniger Kunstdünger und dagegen auch etwas Stallmist anzuwenden.

Dieser Schlag ist durch Gräben von 60 cm Breite in 10 Aecker von je 10 ar eingeteilt. Für jeden Acker wurden Aetzkalk und Kunstdünger abgewogen und stets sehr gleichmässig verteilt; auch der Roggensamen wurde für jeden Acker abgewogen.

Im Herbst 1891 wurden auf den Aeckern 1, 2, 3 pro ha 1000 kg Serradella-Impferde von einem Serradella-Acker bei Lingen (Sandboden) mit der Hand gleichmässig ausgestreut und mit dem Roggen eingeeggt. Anfang Mai 1892 wurden auf die Aecker 1, 2, 3, 4, 5, 6 pro ha 40 kg Serradellasamen gesäet.

Der Stand des Roggens war auf allen Aeckern sehr gleichmässig. Die Serradella ging überall bei günstiger Witterung gleichmässig auf. Mitte Juli war sie auf den nicht geimpften Aeckern kurz, gelb und kränklich, dagegen auf den geimpften Aeckern gut entwickelt. Nach dem Mähen des Roggens zeigte sich, dass die Serradella auf den nicht geimpften Abteilungen beinahe vollständig wieder verschwunden war, weil sich bei diesen Pflanzen keine Knöllchen an den Wurzeln gebildet hatten. Dagegen wuchs die Serradella auf den geimpften Abteilungen ausnahmslos gleichmässig bei reichlicher Knöllchen-

bildung vor der Roggenernte und noch weit stärker nach dem Roggenmähen üppig weiter, und zwar mit ganz geschlossenem Bestande, sodass kein Unkraut hoch kommen konnte. (Dieselben Erscheinungen waren auf Schlag 2 in demselben Jahre, wo auch dieser vergleichende Versuch ausgeführt war.)

Vor dem Unterpflügen der Serradella um Ende Oktober wurden auf den geimpften Aeckern einige Probeflächen von je 100 □m, die dem Durchschnitte entsprachen, abgesteckt, scharf am Boden abgemäht und sofort gewogen; der Durchschnitt betrug pro ar 180,90 kg. Hiervon wurde eine Durchschnittsprobe zu Häcksel geschnitten und an die Moor-Versuchsstation in Bremen zur Stickstoffbestimmung geschickt. Die Berechnung ergab in der oberirdischen Masse pro ha beinahe $64\frac{1}{2}$ kg Stickstoff*) (entsprechend dem Stickstoffgehalte von 400 kg Chilisalpeter.

Im Oktober entdeckte ich auf einem der Aecker, der nach meiner Anweisung keine Impferde im Herbst vorher erhalten sollte, in der Mitte scharf abgegrenzt eine Fläche von etwa 100 □m, auf der die Serradella beinahe so üppig als auf den geimpften Aeckern — wo pro ar 10 kg Impferde gegeben war — stand. Auf meine Frage nach dem Grund dieser Erscheinung erzählte mir mein Vorarbeiter, er sei von einem Arbeiter beredet worden, dort auf 100 □m nur eine Handvoll von der feinen Impferde (beim Roggensäen) auszustreuen, um zu ermitteln, ob schon eine solche Kleinigkeit Impferde Wirkung thäte; denn dieser Arbeiter habe damals noch die Impfung für Schwindel gehalten. Ein Beweis, dass unter Umständen schon sehr geringe Mengen Erde zur Impfung genügen.

Der Erfolg der Impfung geht am schlagendsten aus den Erträgen der beiden nachfolgenden Jahre hervor. Im Jahre 1893 wurden auf allen Aeckern von Schlag 4 Kartoffeln, und im Herbst 1893 Winterroggen bestellt. Die Kartoffeln erhielten ausser 20 cbm Mist pro ha die gleichen Mengen von Kunstdünger auf allen Aeckern. Es wurden an Kartoffeln geerntet:

ohne Gründüngung 16 400 kg pro ha,
mit " 21 000 " " "

Der nachfolgende Roggen erhielt auf allen Aeckern dieselben Mengen von Kainit und Thomasphosphat; und es wurden pro ha nur 150 kg Roggen gesäet, weil im nächsten Frühjahre Klee- und Grassamen untergesäet werden sollten.

Die im Herbste 1891 geimpften Aecker erhielten zu Roggen nur 100 kg Chilisalpeter pro ha und lieferten einen Ertrag von 1832 kg Roggenkörnern und 3688 kg Stroh.

Die im Herbst 1891 nicht geimpften Aecker bekamen zu Roggen 200 kg Chilisalpeter pro ha und lieferten einen Ertrag von 1468 kg Roggenkörnern und 3340 kg Stroh.

Bei einer Ausgabe von 20 Mk. für Serradellasamen ist also allein durch die Boden-Impfung in diesen beiden Jahren folgender Gewinn erzielt:

---

*) Nach Versuchen von Dr. Tacke in Bremen sind bei einem Feldversuche durch Raps, der als Stoppelfrucht gesäet war, von gebundenem Bodenstickstoff pro ha 28 kg festgelegt. Wenn wir diese Zahl von obigen $64\frac{1}{2}$ kg Stickstoff in Absatz bringen, so bleiben 36,5 kg Stickstoff pro ha, die mit Hilfe der Bakterien dem freien Stickstoff der Atmosphäre entstammen.

	pro ha			
im Jahre 1893	ein Mehrertrag von 4600 kg Kartoffeln	=	184 Mk.	— Pf.
„ „ 1894	eine Ersparnis von 100 kg Chilisalpeter	=	18 „	— „
„ „ „	ein Mehrertrag v. 364 kg Roggenkörnern	=	41 „	86 „
„ „ „	„ „ 348 „ Roggenstroh	=	10 „	44 „
		Summa	254 Mk.	30 Pf.

Die Nachwirkung der geimpften Serradella im zweiten Jahre bei Roggen ist also eine sehr bedeutende gewesen. In dem trockenen Frühjahre zeichneten sich diese Roggenäcker stets durch viel besseren Stand aus, als wenn Stallmist in grösseren Quantitäten angewendet wäre.

Der Erfolg der Bodenimpfung bei Serradella und der Gründüngung war also ein glänzender und die Notwendigkeit der Impfung auf diesem Boden über alle Erwartung bewiesen.

Seit der Zeit haben wir jährlich in dieser Versuchswirtschaft von den geimpften Serradella-Aeckern im Herbst Impferde für andere Ackerschläge zum Serradellabau entnommen. Die Serradella brachte in den Jahren 1893 und 1894 annähernd dieselben Gründüngungsmassen wie im Jahre 1892 (siehe oben). Die Jahre 1892 und 1893 waren vorwiegend sehr trocken, das Jahr 1894 von Juni an sehr nass.

In diesem Wirtschaftsbetriebe wird kein Nutzvieh gehalten; der erforderliche Stallmist muss also meistens gekauft werden. Durch den Anbau von Serradella als Gründüngung zu Kartoffeln auf $^2/_9$ der Ackerfläche wird viel an Stallmist gespart. Die Kartoffeln erhalten jetzt pro ha 600 kg Kainit, 150 kg Thomasphosphat à 20 %, 200 kg Chilisalpeter und nur 10 cbm Stallmist, letzteren, um den Gründünger durch Zuführung von Salpeterbakterien besser zur Wirkung zu bringen.

Nebenbei erwähne ich, dass im Jahre 1894 auf dem ganzen ersten Schlage Serradella gesäet wurde; es wurden nur diejenigen Aecker geimpft, die noch keine Serradella mit Impferde getragen hatten. Die Aecker, die 2 Jahre früher mit geimpfter Serradella bebaut waren, zeichneten sich durch bedeutend üppigeren Stand der Serradella aus. Andere Leguminosen waren in der Zwischenzeit nicht angebaut.

Im Frühjahre 1894 säete in derselben Versuchswirtschaft aus Irrtum ein Arbeiter auf einen Acker mit Roggen nach gut geratenem Kleegras, wo keine Serradella-Impferde gegeben war, Serradella-Samen. Für diesen Ackerschlag war keine Serradella bestimmt. Die Serradella verkümmerte vollständig und erhielt keine Wurzelknöllchen. Diese Erfahrung deckt sich vollständig mit den oben angeführten Versuchen Nobbes. Stallmist war hier noch nie gegeben. —

Versuch der Ems-Abteilung der Moor-Versuchsstation mit Serradella in der Gr. Fullener Versuchswirtschaft im Jahre 1892.

Auf dem neunten Ackerschlage wurden während der Urbarmachung im Jahre 1886 pro ha 4000 kg Aetzkalk gegeben. Der Schlag ist dann bestellt gewesen:

1887: Hafer mit Kleegras, Kunstdünger.
1888: Kleegras, Kunstdünger. Klee gut.

1889: Kleegras bis Johanni, Kunstdünger. Klee gut. Dann Brachbearbeitung.
1890: Winterroggen, halbe Stallmistdüngung und Kunstdünger.
1891: Pferdebohnen, Kunstdünger. 4000 kg Marscherde pro ha als Impferde. Bohnen sehr üppig, Kornansatz durch Rost geschädigt.
1892: Winterroggen mit Kunstdünger.

Die Leguminosen erhielten in diesen Jahren keine Stickstoffdüngung, dagegen Hafer und Roggen pro ha 200 kg Chilisalpeter. Ausserdem wurden in allen Jahren reichliche Mengen von Kainit und Thomasphosphat gegeben. Der Dünger wurde jährlich für jeden einzelnen Acker gleichmässig abgewogen; dasselbe war 1886 beim Aetzkalk*) der Fall. Auch das Saatgut ist stets für jeden einzelnen Acker durch Gewicht festgestellt.

Bei der Bestellung des Roggens im Herbst 1891 wurden auf den drei Aeckern No. 1 und 5 pro ha 1000 kg Serradella-Impferde mit der Hand breitwürfig ausgestreut und eingeeggt. Diese Erde war einige Wochen vorher in der Nähe von Lingen aus der oberen Ackerkrume eines Serradellafeldes auf lehmigem Sandboden entnommen und bis zur Verwendung in Säcken aufbewahrt.

Am 25. April 1892 wurde auf diesen geimpften und den zwei ungeimpften Aeckern No. 2 und 4 Serradella, pro ha 40 kg, gesäet und eingewalzt. Der Roggen war sehr gleichmässig.

Im Herbste 1892 war die Serradella auf den mit Serradella-Impferde versehenen Aeckern No. 1 ausgezeichnet, No. 5 gut und reichlich mit Wurzelknöllchen versehen, die Pflanzen kräftig und dunkelgrün; dagegen auf den nicht geimpften Aeckern No. 3 und 4 schlecht, schwächlich entwickelt, nur wenige Centimeter lang, mit dem Aussehen stickstoffhungriger Pflanzen und ohne Wurzelknöllchen.

Ende Oktober wurden auf den geimpften Aeckern Probeflächen abgemäht und sofort gewogen. Durchschnittlich ergab sich hieraus pro ar ein Gewicht der oberirdischen Masse von 157,95 kg und darin nach der Analyse der Versuchsstation in Bremen

pro ha beinahe $64^1/_2$ kg Stickstoff.

Interessant ist bei diesem Versuche, dass die Marscherde bei den Pferdebohnen sehr wirksam war und bei der nachfolgenden Serradella gar nicht wirkte. Die Knöllchenbakterien der Marscherde hatten sich nach Nobbes Auffassung den Pferdebohnen so vollständig angepasst, dass sie dadurch ihre Infektionsfähigkeit bei der nachfolgenden Serradella vollständig verloren. Während ihrer ersten Lebensperiode konnte die Serradella etwas von dem Stickstoff des Chilisalpeters assimilieren, soweit dieser nicht von dem Roggen verbraucht oder in den Untergrund gewaschen wurde; dann aber ging die nicht mit Serradella-Impferde geimpfte Serradella wegen Stickstoffhunger zu grunde.

---

*) Auf die Verteilung des Aetzkalks ist bei allen Versuchen der Moor-Versuchsstation grosse Sorgfalt verwendet. Auf 1 ar kamen immer 4 Haufen Kalk à 10 kg, die auf dem Felde in Blecheimern abgewogen wurden.

(Durch die Erfolge der Serradella-Gründüngung bei Kartoffeln und Roggen eröffnen sich für die Hochmoorkultur ganz neue Aussichten. Es wird vielleicht möglich sein, den Futterbau und die Viehhaltung weit mehr einzuschränken, als wir anfangs glaubten.)

e) Versuche mit Lupinen auf den Versuchsflächen der Moor-Versuchsstation bei Bremen, auf Hochmoor in den Jahren 1892 und 1893.

Hierüber berichtete Dr. Tacke, Vorsteher der Moor-Versuchsstation, in der 29. und 31. Sitzung der Central-Moor-Kommission.*) „Ziemlich umfangreiche Versuche wurden im Jahre 1892 angestellt, um durch Anbau einer grösseren Zahl von Gründüngungspflanzen die geeignetsten für den Hochmoorboden zu ermitteln. Die Wichtigkeit dieser Frage ist bereits im letzten Thätigkeitsbericht eingehend besprochen worden. Zur Verwendung kamen Leguminosen, und zwar Wundklee, schwedischer Klee, steierischer Klee, Steinklee, Bockharaklee, weisse Lupine, blaue Lupine, Pferdebohnen, Peluschke, Serradella, zum Teil als Untersaat unter Roggen, zum Teil als Nachsaat auf abgeernteten Roggenfeldern. Zum Vergleich wurden im letzteren Falle daneben auf jeder Fläche einige Nichtleguminosen, die bekanntlich auf den assimilierbaren Stickstoffgehalt des Bodens angewiesen sind, Raps und Senf gesäet. Das Auflaufen und die Entwickelung der Pflanzen war so mangelhaft, dass nur auf einigen Flächen das Gewicht der oberirdischen Pflanzenmasse vor dem Unterpflügen festgestellt und Durchschnittsproben für die Analyse genommen werden konnten; im günstigsten Falle wurden nur 8450 kg frische Masse pro ha erzielt. Dass unter Umständen der Boden selbst noch erhebliche Mengen aufnehmbarer Stickstoffnahrung enthält, die auch von den Leguminosen, wenn sie sie vorfinden, nicht verschmäht wird, geht daraus hervor, dass z. B. Raps pro ha in einem Falle in seiner grünen Pflanzenmasse 28 kg Stickstoff aufgenommen hatte. Das im günstigsten Falle von der Peluschke auf derselben Fläche festgelegte Stickstoffquantum von 39 kg stellt mithin keinen nennenswerten Stickstoffgewinn dar, obwohl die Festlegung dieser Stickstoffmenge in der Oberflächenschicht in einer Form, die relativ leicht in aufnehmbare Pflanzennahrung übergeht, nicht zu unterschätzen ist."

„Die Bearbeitung der Frage nach den für die verschiedenen Formen des Hochmoorbodens geeigneten Gründüngungspflanzen ist im Jahre 1893 fortgesetzt worden. Nach den bisherigen Ergebnissen sind von den Pflanzenarten, die überhaupt auf Moorboden für diesen Zweck in Betracht kommen können, eine grosse Anzahl von so langsamem Wuchs, dass sie schon aus diesem Grunde sich zur Verwendung als Nachsaat auf bereits abgeernteten Feldern nicht eignen, und selbst für schneller wachsende Leguminosen ist die Zeit, die ihnen bis zum Eintritt von vernichtenden Nachtfrösten auf dem Hochmoor zur Verfügung steht, in der Regel so kurz bemessen, dass wir den Schwerpunkt auf die Auswahl von Gründüngungspflanzen legen müssen, die zur Untersaat unter Getreide geeignet sind, und denen auf diese Weise eine längere Entwickelung zugemessen wird. Neben Serradella scheint sich für diesen Zweck nach unseren diesjährigen Vor-Versuchen die Lupine als Untersaat unter Roggen gut zu bewähren.

---

*) Protokoll der 29. Sitzung der Central-Moor-Kommission, S. 23, und der 31. Sitzung, S. 10.

„Hierbei wurde die Beobachtung gemacht, dass auf einzelnen Feldern in sehr alter Dungkultur die im Juni unter Roggen gesäete Lupine nur eine schwächliche Entwickelung zeigte und an ihren Wurzeln keine Knöllchen aufwies, während sie auf anderorts gelegenen, anscheinend gleich behandelten Flächen ausserordentlich freudig gedieh und an den Wurzeln mit prächtig entwickelten Knöllchen besetzt war. Wir müssen annehmen, dass den letztgenannten Mooräckern auf irgend eine Weise die knöllchenbildenden Mikroben der Leguminosenwurzel zugeführt worden sind, die den anderen fehlten. Durch Anwendung von Impferde wird voraussichtlich das Gedeihen auf allen Moorböden gesichert werden können. Vergleichende Ermittelungen über die Menge des von den Lupinen festgelegten Stickstoffs konnten nicht ausgeführt werden, weil auf einem Teile bereits im Anfang September die Gründüngungspflanzen einem Nachtfroste zum Opfer fielen.“ —

---

2. Versuche auf Sandboden.

Schultz-Lupitz sagte in einem Vortrage über die Kalk-Kali-Phosphatdüngung in Dresden am 6. November 1891: „Zu erwähnen bleibt noch die Frage der Impfung derjenigen Böden, welche eine Leguminosenart nicht zur üppigen Entwickelung bringen, mit solchen Böden, auf denen dies der Fall ist. Ich selbst habe diesbezüglich keine Erfahrung, aber ich weiss, dass vielfach eine Impfung, auch mit Lupitzer Boden zu Lupinen, mit überraschendem Erfolge ausgeführt ist.“ Leider sind diese Versuche nicht weiter zu meiner Kenntnis gekommen.

a) Versuch der Ems-Abteilung der Moor-Versuchsstation mit gelben Lupinen auf altkultiviertem Diluvialsand in Polle bei Lingen im Jahre 1890.

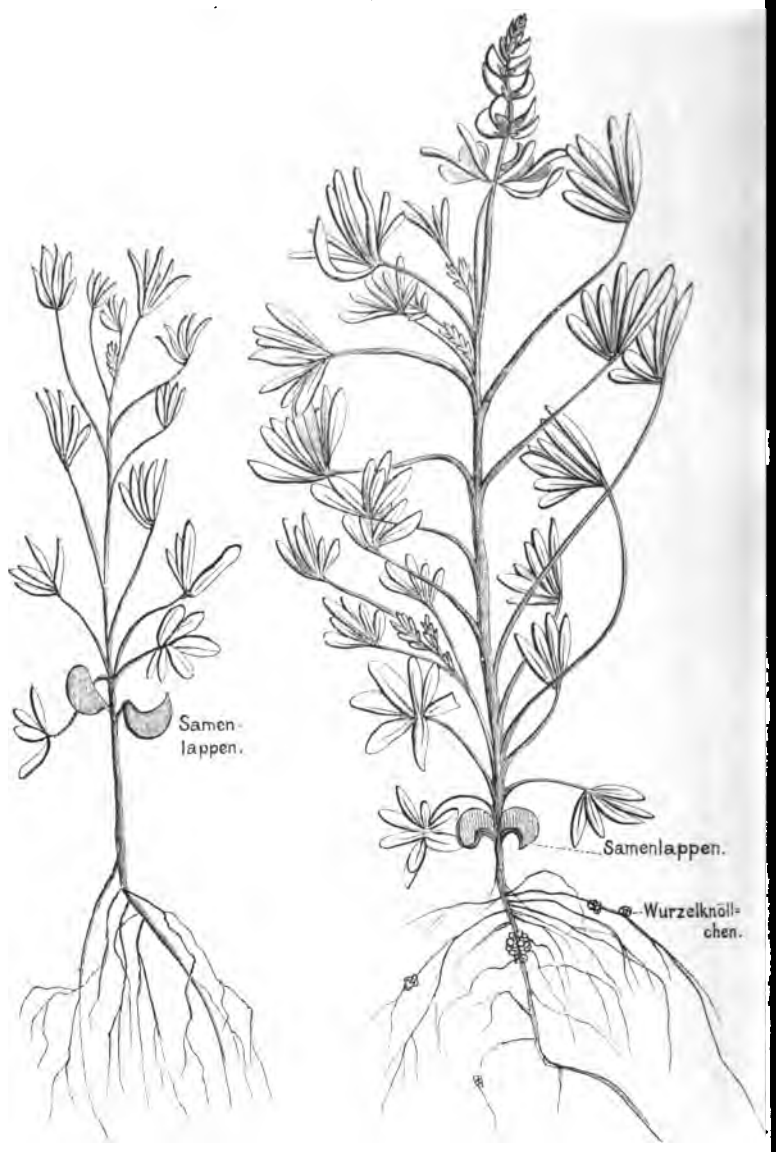
Lupinen und andere Leguminosen waren auf diesem Acker noch nie gebaut; in der Entfernung von 500 m waren schon öfter Lupinen gebaut. Alle Abteilungen erhielten im Herbste vorher Kainit und Thomasphosphatmehl in gleichen Mengen, einige Abteilungen ausserdem Impferde. Hier brachten die Abteilungen ohne Impferde gute Erträge. Noch besser war vom Anfang bis zum Ende die Entwickelung der geimpften Abteilungen. Die Erträge konnten leider nicht durch Wiegen festgestellt werden.

b) Versuch der Ems-Abteilung der Moor-Versuchsstation mit gelben Lupinen auf altkultiviertem Diluvialsand in Holthausen bei Lingen im Jahre 1894.

Dieser Boden war in sehr guter alter Dungkraft. Die gelben Lupinen wurden Anfang Juni unter Winterroggen gesäet. Die Hälfte des Ackers war im August 1893 mit dem Untergrundpfluge bearbeitet, um die bei dem früheren fortwährenden flachen Pflügen gebildete festere Bodenschicht zu durchbrechen. Zum Roggen wurden pro ha 1000 kg Kainit und 400 kg Knochenmehl gegeben bei einer Aussaat von 160 kg

Gelbe Lupinen von Böhmers neukultiviertem Sandboden bei Lingen.

20. Juli 1891.



a. Ohne Impferde. b. Mit Lupinen-Impferde, 1000 kg pro h

Roggen. Der Roggen stand nicht zu dicht. Es wurde lange Stoppel gemäht, um die dazwischen stehenden Lupinen nicht zu beschädigen.

Im Februar 1894 wurde in den Roggen bei anhaltend feuchter Witterung überall pro ha 2000 kg Lupinen-Impferde von einem guten Lupinen-Acker gestreut.

Die Lupinen kamen bei der fortwährend nassen Witterung des Juni und Juli reichlich zum Keimen und zur ersten Entwickelung.

Im September und Oktober 1894 zeigten sich auf dem ganzen Versuchsfelde viele sehr üppige Lupinen mit reichlichen Wurzelknöllchen und unmittelbar dazwischen viele Lupinen mit allen Zeichen des Stickstoffhungers, verkümmert und ausnahmlos ohne Wurzelknöllchen.

Die Bodenimpfung war also verfehlt, weil die Impferde nicht mit dem Roggen im Herbste vorher eingeeggt war. Zugleich kann man vermuten, dass eine Bodenimpfung in richtiger Weise hier sehr erfolgreich gewesen sein würde. Wir haben früher einen Versuch von Nobbe erwähnt, wonach die Knöllchenbakterien wenige Verbreitungsfähigkeit im Boden haben, wenn sie nicht durch die Ackerung in die Bodenschichten kommen, wo sie die Wurzeln infizieren können. —

c) Versuch der Ems-Abteilung der Moor-Versuchsstation mit gelben Lupinen auf neukultiviertem Diluvialsand in Laxten bei Lingen im Jahre 1891.

(Siehe die Abbildungen auf Tafel 8.)

Viel bedeutendere Erfolge als in Polle wurden hier durch die Impfung erzielt. Diese Fläche hatte thonarmen, feinkörnigen Sandboden, von dem früher wahrscheinlich öfter die Haidnarbe durch Abschälen entnommen ist. Bis zum Herbst 1889 war hier eine gleichmässige, dürftige Vegetation unserer beiden einheimischen Haidearten. Der Boden ist als ein ziemlich humusarmer zu bezeichnen. Weit ab von allen kultivierten Grundstücken ist diese Fläche gelegen. Im Herbst 1889 liess ich dort ein Rechteck von 44 m Länge und 36 m Breite 45 cm tief mit dem Spaten umgraben; eine weitere Bodenbearbeitung ist nicht vorgenommen, weil der Boden bis zum Frühjahr 1891 sehr locker blieb.

Am 6. November 1890 wurden gleichmässig per ar 9 kg Kainit und 4½ kg Thomasschlacke mit 20 % Phosphorsäure ausgestreut. Am 13. Mai 1891 wurden auf einem Streifen von 10 m Breite und 44 m Länge in der Mitte der Versuchsfläche per ar 10 kg Sand aus der Ackerkrume eines alten Ackerstückes, wo gelbe Lupinen vorzüglich geraten waren, als Impferde mit der Hand ausgesäet. Dann wurde die ganze Fläche einzinkig geeggt, die gelben Lupinen gesäet und eingeeggt. Das Querübereggen ist zwar vermieden, aber es ist doch möglich, dass durch die Füsse der Menschen und Pferde, sowie durch die Eggen an einigen Stellen etwas Impferde auf die ungeimpften beiden Streifen gelangt ist.

Anfangs war die Witterung für das Wachstum der Lupinen ungünstig; bei verhältnismässig hohem Grundwasserstande und häufigen schweren Gewittern war der Boden zu nass.

Als die Lupinen die ersten Blätter gebildet hatten, waren keine Unterschiede in der Farbe und Entwickelung für ein scharfes Auge zu bemerken; alle Abteilungen zeigten eine mattgrüne Farbe der Blätter. Etwa acht Tage später wurden an den Wurzeln der Lupinen Unter-

schiede bemerkt. Die Wurzeln der geimpften Pflanzen waren sämtlich reich mit Knöllchen besetzt, dagegen die Wurzeln der meisten ungeimpften Lupinen ohne Knöllchen. Wieder nach acht Tagen, um Anfang Juli. konnte man auch an den oberirdischen Teilen der Pflanzen erhebliche Unterschiede beobachten, und diese charakteristischen Unterschiede wurden in kurzer Zeit noch immer bedeutender und blieben bis zur Ernte. Die geimpften Lupinen hatten dunkelgrüne Farbe der Blätter und Stengel, also reichliche Bildung von Chlorophyll, und wuchsen durchaus normal. Dagegen kamen die meisten ungeimpften Lupinen gar nicht zur Chlorophyllbildung, Blätter und Blattstiele wurden und blieben hellrot oder rotgelb. Alle Pflanzen mit diesen Erscheinungen führten ihre kümmerliche, krankhafte Zwerg-Existenz den Sommer hindurch weiter und bildeten nur teilweise schwächliche Blüten. Die Unterschiede zwischen den geimpften und ungeimpften Lupinen waren scharf abgegrenzt und schon aus grösserer Entfernung zu sehen. Im Monate August fanden sich zwischen den ungeimpften Lupinen einzelne etwas bessere Exemplare mit dunkler Farbe der Blätter und Knöllchen an den Wurzeln; ihre Entwickelung war aber nicht so kräftig wie bei den geimpften, welche die Knöllchen rechtzeitig gebildet hatten.

Weil keine Aussicht zum Reifwerden der Lupinen vorhanden war, liess ich sie in meiner Gegenwart mähen, als die geimpften Lupinen noch in Blüte standen und die ersten Schoten angesetzt hatten. Es wurden an verschiedenen Stellen Abteilungen von je 50 Quadrat-Meter abgemessen, scharf begrenzt, und deren Ertrag sofort bei trockenem Wetter gewogen.

A. Ohne Impferde.

No. 1 = 29,25 kg. No. 2 = 38,50 kg. No. 3 = 49,00 kg.
Mittel 38,917 kg.

B. Mit Impferde.

No. 4 = 210,25 kg. No. 5 = 219,12 kg.
Mittel 214,685 kg.

Der Ertrag der ungeimpften zu den geimpften Lupinen verhielt sich also wie 100 : 552.

Die geimpften Lupinen hatten viele Seitenzweige und standen infolge der normalen Entwickelung dicht. Dagegen standen die ungeimpften dünn, weil sie keine Seitenzweige gebildet hatten.*)

*) Infolge unserer Impfversuche bei Lingen verbreitet sich die Boden-Impfung immer mehr im landwirtschaftlichen Betriebe der hiesigen bäuerlichen Bevölkerung, wovon nur selten Fälle zu meiner Kenntnis gelangen. In Drievorden (Kreis Bentheim) wurden 1894 auf umgebrochenem Haidesandboden als erste Frucht gelbe Lupinen mit Kainit und Thomasphosphat gebaut. Ein Teil der Aecker blieb ungeimpft, ein anderer Teil der Aecker erhielt Lupinen-Impferde. Die geimpften Lupinen gerieten sehr gut und brachten mehr als doppelt so viel, wie die ungeimpften.

d) Versuch von Professor Dr. Ad. Mayer in Holland*) im Jahre 1892.

Auf einem in schlechtem Düngungszustande befindlichen, sehr kiesigen Diluvialsandboden, welcher in kleinen Parzellen verpachtet und daher sehr verschieden bewirtschaftet gewesen war, wurden vom 16.—23. April 1892 auf je 10 qm grossen, ungedüngten Flächen ohne Impferde 31 verschiedene Leguminosen ausgesäet. Darunter waren 3 Arten Lupinen, Linse, 3 Arten Lathyrus, Pisum arvense, 3 Arten Vicia, 5 Arten Trifolium, 3 Arten Medicago u. s. w.

Die Witterung war anfangs kalt, dann sehr warm, aber trocken, später wieder sehr kalt. Infolge der frühen Saat und des Ausbleibens der Nachtfröste wirkte die ungünstige Frühjahrswitterung nur verzögernd. Der Sommer war im allgemeinen warm und trocken. Die Ernte aller Leguminosen ist lufttrocken bestimmt und der darin enthaltene Stickstoff.

Interessant für uns ist bei diesem Versuche, dass an Serradella, Geisklee (Galega officinalis) und Robinia pseudacacia (Akazie) keine Wurzelknöllchen beobachtet wurden; bei Trifolium incarnatum (Inkarnatklee) und Phaseolus (Vitsbohne) erschienen sie erst später. Gerade diese Gewächse brachten ungefähr nur den dritten Teil der Ernte und des Stickstoffs der meisten übrigen Leguminosen. Eine Bodenimpfung würde bei diesen Arten der Leguminosen wahrscheinlich von Erfolg gewesen sein.

Auf einer neu urbar gemachten, mit Lupinen bestellten Haidefläche fand Mayer an den auf einem früheren Fusspfade wachsenden, üppigen Pflanzen Wurzelknöllchen, während die übrigen, trotz Kainitdüngung sehr kümmerlichen Pflanzen derselben entbehrten. Hier würde sicher eine rechtzeitige Bodenimpfung von Erfolg gewesen sein.

e) Versuch von Dr. Salfeld mit Trifolium repens (weisser kriechender Klee) und Lotus corniculatus (gehörnter Schotenklee) auf unkultiviertem Diluvialsand in Brögbern bei Lingen in den Jahren 1893 und 1894.

Im Mai 1893 liess ich auf einer feuchtliegenden Haidfläche weit ab von allen kultivierten Grundstücken Samen von weissem kriechendem Klee und Schotenklee säen. Einige Monate vorher war per ar mit 9 kg Kainit und 4½ kg Thomasphosphat gedüngt. Der Boden ist bis in grosse Tiefe dem reinsten, feinkörnigen Stubensand (Streusand für Zimmer) ähnlich, hatte auf der Oberfläche nur eine Haidhumusschichte von kaum 1 cm und eine dürftige Haidvegetation. Es ist also der armseligste Boden, der sich nur denken lässt; aber sehr günstig ist das ganze Jahr hindurch seine Lage zum Grundwasserstand. „Das Wasser ist das beste" sagt ein alter griechischer Schriftsteller. Wo das Wasser in hiesiger Gegend auch in der trockensten und heissesten Zeit den Wiesenpflanzen nicht fehlt, da werden hier jetzt an vielen Orten selbst auf humus- und stickstoffarmen Bodenarten mit Hülfe von Kainit und Thomasphosphat die reichsten Ernten der genannten beiden Kleepflanzen erzielt, aber nur unter Mitwirkung der Symbiose mit den Knöllchenbakterien.

*) Biedermanns Centralblatt. 1893, S. 525.

Mergel stand nicht zur Verfügung; Aetzkalk wollte ich auf diesem humusarmen Sandboden nicht anwenden. Säure war nicht viel vorhanden. Auch lehrt die Erfahrung, dass auf allen mineralischen unkultivierten Bodenarten und Wiesen der hiesigen Gegend, wenn sie nicht viele Humussäure und kein Uebermass von löslichen Eisenverbindungen enthalten, der Kalkbedarf von Weissklee und Schotenklee durch angemessene Gaben von Thomasphosphat vollständig befriedigt wird. Allerdings würden Thonmergel und Seeschlick auf humus- und thonarmen Sandböden sehr günstig wirken durch Verbesserung der Absorptionsfähigkeit für leicht lösliche Pflanzennährstoffe.

Dieser Boden wurde nicht bearbeitet und die Haide nicht abgemäht; die Oberfläche ist von Natur vollständig eben. Um jedoch das Keimen der jungen Kleepflanzen zu begünstigen, liess ich aus der Umgebung etwas sterilen Sand überstreuen und nach der Aussaat der Kleesamen tüchtig eggen. Man hat hier vielfach die Erfahrung gemacht, dass auf humusarmem unkultiviertem Sandboden eine derartige geringe Lockerung der Oberfläche für die Entwickelung vieler Klee-Arten zweckmässiger, als eine tiefere Lockerung des Bodens ist.

Mit dem Kleesamen liess ich eine geringe Menge Impferde von einer alten Sandwiese, wo Klee viel vertreten war, ausstreuen und mit eineggen. Eine Fläche von 10 m Breite querüber blieb ungeimpft. Bei der grossen Trockenheit des Sommers 1893 entwickelte sich der Klee zuerst langsam, vom Juli an besser.

Im Juli 1894 war dort auf den geimpften Abteilungen der üppigste Klee mit Wurzelknöllchen vorhanden, und die Haide war vollständig unterdrückt. Wo nicht geimpft war, sah man nur einzelne bessere Kleepflanzen; die meisten davon waren wieder verschwunden oder führten ohne Wurzelknöllchen eine verkümmerte Existenz. Die Unterschiede waren weit bedeutender als bei unseren Hochmoorversuchen mit Klee bei Impfung im Vergleich zu den ungeimpften Abteilungen. —

f) Versuch mit Serradella in Düsenburg (Kreis Lingen) im Jahre 1894.

Mein früherer Schüler, der Landmann Weier, machte Haidboden in feuchter Lage, Sandboden mit grauer Farbe und wenig Humusgehalt (Haidesand) im Jahre 1892 mit dem Pfluge urbar. Im folgenden Jahre baute er mit starker Stallmistdüngung Spergel (Spergula arvensis) an. Im Jahre 1894 düngte er mit Stallmist, Kainit und Thomasphosphat und säete gleichzeitig Hafer und Serradella. Auf dem grösseren Teile dieser Fläche von ½ ha wurde Serradella-Impferde mit eingeeggt, ein Teil blieb ungeimpft.

Aetzkalk und Mergel waren nicht angewendet. Der Hafer wurde reif geerntet.

Die Impfung hatte sogar auf diesem zwei Jahre hinter einander mit Stallmist gedüngtem Neulande bedeutenden Erfolg. Die meisten nicht geimpften Serradella-Pflanzen blieben ohne Wurzelknöllchen und gingen schon vor der Ernte des Hafers zu grunde. Dagegen brachte die geimpfte Serradella einen ungeheuren Ertrag. Schliesslich wurden einige nicht geimpfte Pflanzen besser, aber lange so gut nicht wie die geimpften.

g) Versuch mit Serradella und Lupinen auf altkultiviertem Alluvialsand von der Moor-Versuchsstation in Bremen im Jahre 1894.

Diese Mitteilungen verdanke ich der Güte des Herrn Dr. Tacke, Vorsteher der Moor-Versuchsstation.

Der Boden der Versuchsfläche ist Alluvialsand (Dünensand) des Weserthales, der seit etwa 60 Jahren in Ackerkultur ist. Es wurden dort alle 5—6 Jahre Erbsen gebaut, die jedoch in letzter Zeit versagt haben; der Boden war wahrscheinlich erbsenmüde geworden; sonst hat dieser Acker nur Roggen getragen und ist äusserst arm.

Als Grunddüngung wurden auf allen Abteilungen pro ha 150 kg Kali und 100 kg Thomasphosphat gegeben. Ein Teil der Parzellen erhielt im Herbst pro ha 2000 und 3000 kg Aetzkalk. Eine schädigende Wirkung des Aetzkalks, namentlich auf die Knöllchenbildung, ist nicht hervorgetreten, allerdings im ersten Jahre auch keine deutliche fördernde Wirkung auf den Ertrag der Gründüngungsgewächse.

Bei dem vergleichenden Versuche mit Impferden sind pro ha gegeben:

Seeschlick 5000 kg,
Lupinen-Impferde 4000 kg zu Lupinen,
Serradella-Impferde 4000 kg zu Serradella.

Diese Impferden blieben bei Lupinen und Serradella unwirksam, weil auch auf den ungeimpften Parzellen die knöllchenbildenden Bakterien in genügender und wirksamer Menge vorhanden waren.

Die übrigen dort angebauten Leguminosen gingen wegen der ungünstigen Saatzeit sehr schlecht auf und sind nicht weiter untersucht worden.

Bei Lupinen wurden hier pro ha 33 700 kg grüner Pflanzenmasse mit 138,3 kg Stickstoff, bei Serradella 16 775 kg frischer Masse mit 97,1 kg Stickstoff geerntet. (Senf lieferte unter denselben Verhältnissen 1030 kg frische Masse mit 4,8 kg Stickstoff.) Der Gewinn durch Bindung von atmosphärischem Stickstoff betrug also hier pro ha bei Lupinen 133,5 kg, bei Serradella 92,3 kg.

---

3. Versuche auf Lehmboden.

In der Sitzung der Düngerabteilung der achten Wanderversammlung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft zu München im Jahre 1893 berichtete Professor Dr. Fleischer über die Impfversuche der Moor-Versuchsstation in Bremen und deren Abteilung in Lingen. An diesen Vortrag knüpfte sich eine Diskussion, aus der wir folgendes erwähnen:

Professor von Knieriem-Peterhof (Livland) erwähnte: „Ich möchte nur ganz kurz zeigen, wie gerade die Frage der Pilzsymbiose viele Thatsachen erklärt, die wir früher nicht erklären konnten. Es ist ja eine der obersten Regeln in der Fruchtfolge, dass die Kleepflanzen auf Neuland nicht gedeihen, sondern, dass ein Boden 6, 7, 8 Jahre in Kultur sein muss, wenn auf demselben Erbsen, Klee, Wicken u. s. w. gut gedeihen sollen. Diese Frage, die man früher nicht erklären konnte, ist jetzt mit einem Schlage gelöst, oder wenigstens die Erklärung viel

näher gebracht. Es liegt dies eben daran, dass die Knöllchenbakterien erst durch die Kultur, durch Stalldünger in den Boden hineinkommen. Dafür, dass diese Erklärung richtig ist, spricht auch die Thatsache, dass Kompostwiesen im stande sind, bei genügender Kompostierung gleich Rotklee zu tragen, und zwar in solcher Ueppigkeit, wie dies im Felde erst bei längerer Kultur möglich ist. Der Grund dieser Erscheinung ist, dass mit dem Kompost aus Abfällen von Hof und Gebäuden u. s. w. die betreffenden Bakterien in grosser Menge auf die Wiese gelangen und dieselbe befähigen, den Klee zu tragen."

a) Versuch von Dr. Wagner in Neuburg an der Donau mit Lupinen.

Dr. Wagner, Reallehrer für Landwirtschaft, berichtete hierüber in der Wanderversammlung der deutschen Landwirte in München: „Ich habe früher mit dem Anbau von Lupinen auf einem lehmigen kalkhaltigen Boden im Schulgarten in Neuburg Versuche gemacht, und zwar mit gelben, blauen und weissen Lupinen, und dabei beobachtete ich durchweg, dass dieselben in den verschiedenen Jahrgängen schlecht gewachsen sind. Später wurde ich nach Lichtenhof bei Nürnberg versetzt, und dort entwickeln sich die Lupinen auf dem Sande stets ausgezeichnet. Durch meinen Nachfolger liess ich nun in Neuburg im Jahre 1889 und 1890 mit Hilfe von Lichtenhofer Erde Impfversuche anstellen, und da hat sich jedesmal gezeigt, dass durch das Impfen des Bodens das Wachstum der Lupinen in keiner Weise gesteigert werden konnte, wie die vorgenommenen Messungen und Beobachtungen ergaben. Es ist also anzunehmen, dass dort entschieden die physikalischen Eigenschaften für ein gutes Gedeihen der Lupinen nicht vorhanden sind, und dass also das Impfen für diesen speziellen Fall nicht in Betracht kommen kann."

b) Versuch mit Lupinen von A. G. Schmitter*) in schwerem, humusarmem Lehmboden.

„Es dienten zum Versuche einige Parzellen des landwirtschaftlichen Instituts zu Leipzig mit ganz ausgetragenem, schwerem Lehmboden, auf welchem, quer zu der Längsseite jeder Parzelle, 6 etwa 1 m breite Streifen abgegrenzt wurden, zwischen denen ein Stück Land frei blieb."

„8 Streifen wurden am 13. Mai, bei einem Reihenabstand von 17 cm, mit gelben, 4 mit weissen Lupinen angebaut und jeder zweite, vierte und sechste Streifen mit aus frischem Boden gewonnener Lupinenerde in Mengen von ca. 10, 20 und 40 kg pro ar überstreut. Als Saattiefe für die Lupine wurden 2 cm angenommen. — Die beiden Parzellen hatten noch nie Lupinen getragen."

„Lange Zeit — bis in den Juli hinein — wuchsen die jungen Pflanzen, welche rasch und gut aufgegangen waren, nur sehr kümmerlich, wie dies bei den gegebenen Bodenverhältnissen nicht anders zu erwarten war; sodann begannen sie sich aber plötzlich zu erholen, um schliesslich — im August und September — einen immerhin dichteren Bestand zu zeigen; dabei hielt aber das Wachstum auf allen Streifen gleichen Schritt, ohne Unterschied, ob diese mit Impferde überstreut

---

*) Biedermanns Centralblatt, 1890, S. 393, und 1892, S. 152.

waren oder nicht. Der Knöllchenansatz an den Wurzeln trat sehr spät und spärlich ein, doch war auch dieser an den Pflanzen verschiedener Streifen nahezu gleich."

Aus den mitgeteilten Messungen der Pflanzen, Zählungen von Wurzelknöllchen und den Gewichtsermittelungen geht hervor, dass sowohl im Wachstum, als auch im Tiefgang der Wurzeln, im Knöllchenansatze und in der Erntemenge der einzelnen Streifen kein Unterschied vorhanden war.

Die Bodenimpfung hat somit in diesem Falle keine Wirkung gezeigt.

Im Jahre 1890 wurden die Impfversuche teils auf schwerem, ausgetragenem Lehmboden im Garten des landwirtschaftlichen Instituts, teils auf einer Wiese hinter dem Versuchsfelde, welche an der Stelle keine Leguminosen trug, ausgeführt. Auf der Wiese wurde die Grasnarbe abgeschält, der Boden bis auf 10 bis 15 cm Tiefe abgetragen und die neu gewonnene Kulturschicht für die Ansaat von Lupinen vorbereitet. Der Boden war schwerer Lehmboden.

Die Hälfte jeder Parzelle erhielt 8 Tage vor der Aussaat der gelben Lupinen als Düngung, pro ha berechnet, 400 kg Superphosphat und 400 kg Kali-Magnesia.

Von frisch entnommener bakterienreicher Impferde wurden auf jedem zweiten, vierten, sechsten, achten Streifen pro ha nur 20, 40, 80, 200 kg übergestreut. Diese Mengen von Impferde sind nach meiner (Salfelds) Ansicht viel zu gering bemessen gewesen, um den Erfolg völlig zu sichern. (Die Ems-Abteilung der Moor-Versuchsstation verwendete pro ha an Impferde 1000, 2000, 3000, 4000 kg.)

Im Garten konnte auch in diesem Jahre im Wachstum, im Tiefgang der Wurzeln, im Knöllchenansatz und in der Erntemenge der einzelnen Lupinenstreifen kein Unterschied beobachtet werden.

Die Impfung hatte somit auf diesem Boden wieder keine Wirkung gezeigt.

Dagegen wurden auf der abgetragenen Wiese — also auf dem rohen Boden von den geimpften Streifen an Körnern und Stroh 11 % mehr an Gewicht geerntet. Sowohl im Wachstum als auch im Tiefgang der Wurzeln, im Knöllchenansatz und in der Erntemasse der Lupinen war auf diesem rohen Boden ein Unterschied zu gunsten der geimpften Streifen gegenüber den ungeimpften bemerkbar.

Wenn der Mehrertrag der geimpften Lupinen nur 11 % betrug, so ist dabei zu berücksichtigen, dass der Boden für Lupinen möglichst ungeeignet und die verwendeten Mengen von Impferde äusserst gering waren.

Nach den mitgeteilten Bodenanalysen scheint auch der Boden im Garten für Lupinen sehr ungeeignet gewesen zu sein. —

c) Versuche mit Lupinen und Serradella auf Lehmboden von Direktor Dr. Hansen in Zwätzen bei Jena im Jahre 1890.*)

Aus dem Berichte gebe ich folgende Sätze wieder:

„Als Zwischenfrüchte für Gründüngung eignen sich auf leichteren Bodenarten ganz vorzüglich die Lupinen und Serradella, weil diese beide

*) Deutsche landw. Presse. 1890, No. 100.

eine bedeutende Pflanzenmasse und in dieser viel Stickstoff liefern, anderseits aber auch als Saatgut verhältnismässig billig angekauft werden können. Dazu kommt, dass diese beiden Gewächse bei zweckmässiger Kali-Phosphat-Düngung viel öfter auf demselben Acker wiederkehren dürfen, als die Kleegewächse. Zweifellos sind Serradella und Lupinen aus den angeführten Gründen Gründüngungspflanzen, wie es so leicht keine weiteren giebt."

„Leider gedeihen diese Pflanzen aber weniger gut auf schwereren Bodenarten, so dass die Frage nach solchen Pflanzen, welche hier angebaut werden könnten, einstweilen noch eine offene genannt werden muss."

„Es lag nun die Vermutung nahe, zu versuchen, ob in ähnlicher Weise, wie dies auf Hochmoorboden gelungen ist, die schweren Böden für Lupinen und Serradella durch Beimischung einer kleinen Menge eines Bodens, auf dem diese Gewächse schon häufig angebaut wurden und gut gediehen, geeignet gemacht werden könnten."

„Da mir die hier angeregte Frage von hoher praktischer Bedeutung zu sein scheint, so habe ich im Laufe des Sommers 1890 Impfversuche mit Lupinen und Serradella auf Lehmboden angestellt. Die Impferde verdankte ich der Freundlichkeit des Rittergutsbesitzers v. König-Zörnigall bei Wittenberg, während ich eine zweite Probe durch Vermittelung des Herrn Wächter vom Gute Silke in Lauenburg erhielt. Es kam mir nur darauf an, zunächst einmal festzustellen, ob überhaupt von der Impfung ein Erfolg zu erwarten sei. Von vornherein neigte ich eigentlich mehr zu der Annahme, dass die Ursache des Nichtgedeihens von Lupinen und Serradella auf schwereren Bodenarten in physikalischen Verschiedenheiten der letzteren begründet sein müsse."

„Es wurden im Garten der Anstalt Beete von gleicher Grösse abgemessen und durch Wege von einander getrennt. Dann wurden zwei Reihen von je vier Beeten gemacht und von denselben je zwei Beete geimpft und zwei ohne Zusatz gelassen; dabei erhielt die eine Reihe Impferde von Zörnigall, die andere von Silke. Die Impferde wurde am 22. April ausgestreut und gut mit der Erde der betreffenden Beete vermischt. Die Saat erfolgte am 12. Mai, und zwar wurden die Lupinen in Reihen, die Serradella breitwürfig gesäet."

„Jede Reihe enthielt zwei Beete mit Lupinen und zwei Beete mit Serradella. In die mit Zörnigaller Impferde versehene Reihe wurden gelbe, in die andere blaue Lupinen gesäet."

„Der Aufgang der Pflanzen war auf allen Beeten zufriedenstellend. Nach dem Aufgang schien eine Stockung im Wachstum einzutreten, während welcher die Pflanzen, ganz besonders die Lupinen, ein sehr kümmerliches, blassgrün gefärbtes Aussehen hatten. Am schnellsten erholten sich von diesem Zustande die geimpften gelben Lupinen, doch auch die anderen geimpften Beete waren etwas später ganz entschieden den nicht geimpften überlegen. Nur die blauen Lupinen zeigten von Anfang an ein schwächliches Aussehen und kamen aus dem krankhaften Zustande überhaupt nicht heraus. Sie wurden immer schwächlicher und gingen nach und nach ein, ohne zur Blüte gekommen zu sein. Eine Ursache für diese Erscheinung ist schwer zu

finden. Nach anderen Berichten soll gerade die blaue Lupine auf solchem Boden, wie er vorlag, mindestens ebenso gut gedeihen, wie die gelbe."

„Am 29. Juli standen die gelben Lupinen in voller Blüte; auf dem geimpften Beete waren die Pflanzen kräftiger und hatten auch mehr Blüten; die Wurzeln zeigten eine reichliche Knöllchenentwickelung. Auf dem nicht geimpften Beete standen dagegen schwächliche Pflanzen mit weniger Blüten und mit einer schwächeren Knöllchenentwickelung. Auch die Serradella stand auf den geimpften Parzellen besser, als auf den nicht geimpften; namentlich gilt dieses für das von Zörnigall versehene Beet, doch auch von den anderen."

„Zu dieser Zeit war mithin ganz entschieden ein Erfolg der Impfung bemerkbar, indem — abgesehen von der überhaupt eingegangenen Lupine — die Pflanzen durchgängig auf den geimpften Parzellen eine bessere Entwickelung zeigten, als auf den nicht geimpften. Auffällig war es, dass im weiteren Verlaufe der Entwickelung diese Unterschiede mehr und mehr zu verschwinden schienen; ganz besonders gilt dieses von der Serradella. Bei dieser hatte es den Anschein, dass die nicht geimpften Beete sich im Vergleich zu den geimpften stärker entwickelten und schliesslich den letzteren gegenüber nicht mehr zurückstanden. Die Serradella zeigte überhaupt eine Entwickelung, wie man sie nicht viel besser wünschen kann, trotzdem sie auf schwererem Boden gewachsen war. Auf allen Beeten hatten die Pflanzen einen üppigen Stand. Sie hatten sich stark gelagert, und wenn man einen Büschel Pflanzen aufrichtete, dann hatten die längsten Exemplare in ihren äussersten Spitzen gleichmässig auf allen vier Beeten mehr als 1 m Höhe."

„Ein eigentümliches Bild zeigte die Knöllchenentwickelung an den Wurzeln der Serradellapflanzen. Am meisten Knöllchen fanden sich auf den geimpften Parzellen, und ebenso wies das nicht geimpfte Beet, welches in die mit Zörnigaller Impferde versehene Reihe gehörte, eine grosse Anzahl von Wurzelknöllchen auf, wenn hier auch weniger Knöllchen vorhanden waren, als auf den geimpften Stellen. Wunderbarerweise konnte ich indessen nur ganz vereinzelte Knöllchen auf dem nicht geimpften Beete entdecken, welches in die Reihe gehörte, in welcher Impferde aus Silke zur Anwendung gelangt war. Für diese auffallende Thatsache finde ich keine befriedigende Erklärung, da beide nicht geimpften Beete durchaus gleich behandelt sind. Auch war im Stande der Serradella, wie schon geschildert, am Ende der Vegetationszeit kein erheblicher Unterschied wahrzunehmen."

„Bei den gelben Lupinen war das geimpfte Beet dem nicht geimpften gegenüber etwas im Vorzug. Die geimpften Lupinen zeigten eine Höhe von 60—70 cm, hatten ziemlich viele Schoten mit ausgebildeten Früchten und an den Wurzeln eine reichliche Entwickelung von Knöllchen. Auf dem nicht geimpften Beete war die durchschnittliche Höhe der Pflanzen 50—60 cm, die Entwickelung überhaupt etwas schwächer; es waren weniger Schoten und Früchte vorhanden, und die Wurzelknöllchen waren kaum so gross, auch in etwas kleinerer Zahl vorhanden, als auf dem geimpften Beete. Trotzdem war aber auch auf dem geimpften Beete die Entwickelung der Pflanzen nicht

um so vieles besser, dass von einem praktisch wesentlichem Erfolge der Impfung die Rede sein konnte."

Hansen kommt im grossen Ganzen zu dem Schlusse: „Dass durch Uebertragung von kleinen Bodenmengen und damit der in diesen enthaltenen Bakterien das Gedeihen von Lupinen und Serradella nicht in einem so bedeutenden Masse gefördert worden ist, dass die grosse landwirtschaftliche Praxis daraus Vorteile zu ziehen vermöchte."

Die Versuche Hansens wurden dann von F. Arndt in No. 19 des 18 Jahrgangs der Deutschen landw. Presse einer Kritik unterzogen, indem er sagt: „Die Knöllchenlosigkeit der Serradella auf dem mit Impferde vom Gute Silke behandelten Beete wage ich nicht von hier aus irgend wie erklären zu wollen; nur möchte ich mir höflichst erlauben, Herrn Dr. Hansen die ihm jedenfalls nicht minder bekannte, auch von der Tharandter Versuchsstation durch Nobbe wieder bestätigte Beobachtung ins Gedächtnis zurückzurufen, dass, wenn die Leguminose reichlich Bodenstickstoff zu ihrer Ernährung findet, sie keine Knöllchen ansetzt oder wenigstens nur in minimaler Ausdehnung. Vielleicht war dies hier der Fall?"

Nach meiner Ansicht haben alle in Gärten auf kleinen Beeten angestellten Impfversuche für die landwirtschaftliche Praxis in der Regel nicht so grosse Bedeutung, und sind daraus keine so weittragende Folgerungen zu ziehen, wie es oben von Hansen geschieht. Denn der meiste Gartenboden ist durch frühere Düngungen sehr reich an gebundenem Stickstoff, an Bodenstickstoff; und die Aufnahme von atmosphärischem Stickstoff kommt hier deshalb gar nicht oder nur wenig zur Wirkung.

d) Versuche mit Serradella auf Lösslehmboden von F. Arndt in Oberwartha bei Dresden.*)

Arndt machte Mitteilung über mehrjährig fortgesetzte Impfversuche, deren Zweck war, festzustellen, ob Serradella mit Vorteil auf schwerem Lösslehm anzubauen ist. Bei Serradellabau auf schwerem Boden sind nach seinen Angaben vorzugsweise die folgenden Massnahmen zu beachten:

„1. dicke Saat;
2. der Boden muss mürbe und mild, auch tiefer gelockert, also etwa auf 10 Zoll gepflügt oder mit dem Untergrundpfluge bearbeitet sein, denn Serradella bevorzugt im Gegensatz zu Rotklee einen lockeren Untergrund;
3. die Pflanze muss reichlich Kali und Phosphorsäure in bodenlöslicher Form vorfinden;
4. der Boden muss auf Serradella geimpft sein."

Alle Bedingungen zum Gedeihen der Serradella mit Impferde werden hierdurch erfüllt. Der schwere Boden erhält durch die Ackerung eine günstige physikalische Beschaffenheit, die Nährstoffe der Serradella mit Ausnahme des Stickstoffs werden gegeben.

---

*) Referat im Biedermannschen Centralblatt, 1891, S. 192, nach der Deutschen landw. Presse 1891.

Es ist Arndt erst nach mehrjährigen, fortgesetzten, teuren (weil stets schlagweise angestellten), durch Einsaat in eine Deckfrucht vorgenommenen „Impfversuchen“ gelungen, von denen die ersten regelmässig so gut wie fehlschlugen, bis die nächsten immer besser wurden, Serradella rentabel auf seinem schweren Boden anzubauen.

Die Erfahrungen sind zwar nur, was Arndt betont, auf seinen Parzellen in Oberwartha gewonnen, dürften jedoch für Bodenverhältnisse ähnlicher Art, Lösslehmboden in 240 m Höhe, mit Vorteil zu verallgemeinern sein. Es gelang ihm nach mehrere Jahre fortgesetzten Impfversuchen, nach Einsaat in eine Deckfrucht (Hafer) Serradella bis zum August zu 150—170 cm Länge zu bringen. Die Gründüngung mit derselben hatte bei nachfolgendem Hafer und Kartoffeln, falls die anderen notwendigen Pflanzennährstoffe zugeführt wurden, einen guten Erfolg.

---

4. Versuche auf anderen mineralischen Bodenarten.

a) Versuch mit Lupinen von G. Susat in Oletzko in Ostpreussen.*)

Es sollte der Versuch gemacht werden, durch Aufbringen geringer Mengen von Boden, der Lupinen getragen hatte, das Wachstum von Lupinen zu fördern. Der Versuch gelangte auf dem Versuchsfelde des landwirtschaftlichen Vereins zu Oletzko zur Ausführung. Die Bodenbeschaffenheit ist nicht mitgeteilt. Mit dem Impfversuche wurden Düngungsversuche von Kali und Phosphorsäure verbunden. Der Erfolg der Bodenimpfung war nach Ansicht von Susat ein negativer, da auf allen, auch den nicht geimpften Versuchsparzellen, Knöllchenbildung eintrat.

Es ist nicht zu verwundern, dass die Impferde nicht wirkte, da, von allem anderen abgesehen, das Versuchsfeld an einem steil abfallenden Kiesberg gelegen war, da ein Schlag bereits früher Lupinen getragen hatte und durch Bodenbewegungen zum Zweck der Terrassierung der Versuchsfläche die Verbreitung der offenbar im Boden vorhandenen Lupinen-Knöllchenbakterien ausserdem befördert wurde. Dieser Versuch hat also für die uns vorliegende Frage keine Beweiskraft. —

b) Versuche mit Lupinen von Professor Fruwirth in Mödling bei Wien.**)

Nach Versuchen im Jahre 1889, welche keine sehr befriedigenden Ergebnisse geliefert hatten, wurden im Jahre 1890 neue angestellt. Die Impferde stammte von Lupitzer Lupinenböden. Die Versuchsflächen waren vier Beete des Versuchsfeldes der landwirtschaftlichen Lehranstalt in Mödling und sechs Kasten im Privatgarten von Fruwirth. Die Beete hatten eine Grösse von 4,5 qm, als Krume einen steinigen, schwach humushaltigen Kalkboden; die Versuchskästen von $^1/_4$ qm Oberfläche enthielten 25 cm Sand, darüber 75 cm

---

*) Biedermanns Centralblatt, 1894, S. 641.
**) Biedermanns Centralblatt, 1891, S. 193, nach der Deutschen landw. Presse 1891, No. 15.

humosen Kalk-, z. T. Lehmboden; in jedem Kasten standen vier Pflanzen. Auf den Beeten wurde Drillsaat mit 15 cm Reihenweite angewendet. Zwei Beete wurden geimpft, davon ein Beet mit 40 kg pro ar und ein Beet mit 20 kg pro ar; zwei Beete wurden nicht geimpft. Zwei Kästen mit Kalk- und einer mit Lehmboden wurden ebenfalls geimpft, die übrigen nicht. Die Aussaat erfolgte am 23. März, die Ernte am 10. August.

Die Körnererträge der Versuche in den Kästen waren folgende:

	In den geimpften:	In den nicht geimpften:
Kalk	18,30 g von 3 Pflanzen	4,77 g von 4 Pflanzen
Lehm	49,70 „ „ 4 „	26,20 „ „ 4 „
Kalk	36,49 „ „ 3 „	2,37 „ „ 3 „

Bei den Beetversuchen kam besonders der Einfluss der Anwendung einer grösseren oder geringeren Menge Impferde zum Ausdruck. Es wurden an Körnern geerntet:

auf dem Beet mit schwacher Impfung 369,55 g
„ „ „ „ starker „ 429,38 „
auf den nicht geimpften dagegen nur 225,56 „ und 219,50 g.

Auf den verwendeten Böden war schon eine grosse Zahl von Hülsenfrüchten kultiviert, Lupine aber und Serradella in näherer und weiterer Umgebung nicht gebaut worden. Es spricht auch dieser Versuch für die früher erwähnte Ansicht von Nobbe-Tharand, dass die Knöllchenbakterien sich gewissen Leguminosen-Arten so sehr anpassen, dass sie dadurch auf andere Leguminosen bedeutend weniger wirksam werden.

c) Versuche mit Serradella und einblütiger Erve und Lupine auf Kalkmergelboden von Professor Fruwirth in Mödling.*)

Die Impfversuche wurden auf einem seit 4 Jahren nicht gedüngten Kalkmergelboden gemacht und die Versuchsparzellen darauf 6 qm gross angelegt. Impferde lieferten die Serradella- bezw. Ervenfelder von Oberamtmann Ring-Düppel und Rittergutsbesitzer Hoffmann-Dobsk.

Die Einsaat der Erve erfolgte am 23., die der Serradella am 24. März und zwar bei der Erve mit einer Saatmenge, welche 100 kg und bei Serradella einer solchen, welche 50 kg pro ha entspricht.

Die Ernte der in 25 cm von einander entfernten Reihen stehenden Erve wurde am 29. September, die der nur in 20 cm von einander entfernten Reihen stehenden Serradella am 17. September vorgenommen.

Die geimpften Beete der Serradella ergaben einen Mehrertrag von 49,77 % der lufttrockenen grünen Masse, die der Erve einen solchen von 50 %, gegenüber den nicht geimpften Beeten.

Die oben geschilderten Versuche mit der Impfung der weissen Lupine, welche im Jahre 1891 bereits zum dritten Male auf denselben, 4,5 qm grossen Beeten vorgenommen wurden, setzte Fruwirth ebendaselbst mit verschieden grossen Impferdemengen fort und fügte ihnen

*) Biedermanns Centralblatt 1893, S. 825, nach der Deutschen landw. Presse 1893, No. 18.

noch 2 neue Beete, die erst im Vorjahre Lupinen getragen hatten, hinzu. Der Erfolg der Impfung war auch bei der weissen Lupine ein recht guter. —

---

5. Vernichtung der Leguminosen-Pilze durch Aetzkalk auf hohem, leichtem Diluvialsand im Jahre 1894.*)

(Hierzu die Abbildungen auf den Tafeln 4, 5, 6, 7.)

Von der Ems-Abteilung der Moor-Versuchsstation sind auf Ackerland mit hohem, leichtem Sandboden Versuche mit Erbsen und anderen Hülsenfrüchten gemacht.

Wenn zwar auf leichtem, nicht kleefähigem Sandboden mit ungünstigem Wiesenverhältnis das Hauptgewicht auf Gründüngung mit Lupinen und Serradella zu legen ist, so wollte ich doch nicht unterlassen, die Frage zu untersuchen, ob mit den jetzigen Mitteln der Wissenschaft auf solchem Boden Erbsen und andere Hülsenfrüchte mit Erfolg angebaut werden können. Dabei haben wir im Sommer 1894 eine interessante Beobachtung über die Wirkung von Aetzkalk (gebranntem Kalk) im Vergleich zu Mergel (kohlensaurem Kalk) gemacht.

Das Versuchsfeld in Darme ist altes Ackerland, eine Stunde von Lingen entfernt, in trockener, ebener, sonniger Lage. Bis zu 73 cm findet man dort thonarmen, grau gefärbten Sandboden; diese Bodenschicht ist durch jahrhundertelange, starke, jährliche Zufuhr von Sand und Haideplaggen, vermischt mit wenig Stallmist, entstanden, wie das hier allgemein üblich war und meist noch ist. Unter der Schicht dieses nach und nach aufgefahrenen grauen Haidesandes liegt zunächst der eigentliche Mutterboden, nach oben scharf abgegrenzt, in einer Mächtigkeit von 32 cm; es ist Sandboden mit etwas Thongehalt; dann folgt von 131 cm an sandiger Lehm. Die Untergrundsschichten sind durchlässig. Es wurde bisher nur 16 cm tief gepflügt und sehr schwach gedüngt.

Als Versuchsfeld zu Hülsenfrüchten wurde 1/4 ha benutzt; Vorfrucht war Roggen in Stallmist. Auf die Roggenstoppeln wurden Anfang August 1893 250 kg Kainit und 100 kg Thomasmehl à 20 % gleichmässig gestreut, ferner auf der östlichen Hälfte des Ackers 250 kg Aetzkalk aus Rheine (pro ha 2000 kg) und auf der westlichen Hälfte scharf abgegrenzt 551 kg Uelzener Mergel**) aus dem Lüneburgischen (pro ha 4408 kg), entsprechend dem Kalk- und Magnesiagehalte des Aetzkalkes. Eine Gabe von 2000 kg Aetzkalk pro ha hat auf ähnlichem Boden bei Winterroggen im ersten Jahre nicht schädlich gewirkt. Kunstdünger, Aetzkalk und Mergel wurden sogleich flach untergepflügt; später wurde geeggt und Mitte November mit dem ersten Pfluge 16 cm und mit dem Untergrundpfluge noch 15 cm tiefer gepflügt.

Im Februar liess ich zu Erbsen und Peluschke (Pisum arvense L.) pro ar 80 kg Impferde von einem Erbsenfelde gleichmässig ausstreuen,

---

*) Veröffentlicht in der Deutschen landw. Presse. 1894, No. 83.

**) Der Mergel bei Uelzen und Westerweihe ist Süsswasserkalk mit durchschnittlich 86,5 % kohlensaurem Kalk in sehr feiner Verteilung.

wo Aetzkalk und Mergel gegeben war. Für die übrigen Leguminosen war keine geeignete Impferde vorhanden; diese mussten sich mit der im Boden vorhandenen neutralen Form der Symbiosepilze behelfen.

Der ganze Acker erhielt ausserdem noch im Februar einige Fuhren guter Lehmerde.

Kurz vor der Aussaat der Leguminosen wurde mit dem Krümmer gearbeitet, dann geeggt und gewalzt. Somit war sowohl der Aetzkalk, wie auch der Mergel durch wiederholte Bearbeitung innnig mit der Ackerkrume vermischt.

Die Aussaat der Leguminosen geschah in Reihen mit dem holländischen Sähorn, von Erbse, Peluschke und Wicklinse (Ervum monanthos L.) am 27. März, von Linse und spanischer Platterbse (Lathyrus clymenum L.) wegen etwaiger Spätfröste am 7. April.

Von Mitte März bis Anfang Juni kamen hier keine durchdringende atmosphärische Niederschläge. Dank der Anwendung des Untergrundpfluges entwickelten alle Leguminosen trotz der Trockenheit der Witterung reichliche und lange Wurzeln und hielten sich tapfer. Am 17. Mai hatten die Hauptwurzeln eine Länge: bei Erbse 29 cm, Peluschke 23 cm, Wicklinse 22 cm, spanische Platterbse 28 cm. Keine Erscheinung an den oberirdischen Teilen der Pflanzen deutete damals auf eine Schädigung durch Aetzkalk; sie lebten noch von dem Stickstoff der Samen und von dem geringen Stickstoffvorrat des Bodens.

Von Ende Mai an — bei Linse und spanischer Platterbse, der späteren Saatzeit entsprechend, etwas später — traten allmählich immer grössere Unterschiede in der Entwickelung, und zwar scharf abgegrenzt zwischen der Mergelhälfte und der Aetzkalkhälfte, hervor; die Unterschiede wurden trotz der häufigen Niederschläge von Anfang Juni bis zur Ernte immer grösser, wobei die Aetzkalkpflanzen nur einige Tage früher als die Mergelpflanzen zur Reife gelangten. Die Mergelpflanzen entwickelten sich sämtlich bedeutend stärker in allen Pflanzenteilen und hatten dabei dunkelgrüne Stengel und Blätter. Dagegen wurden die Kalkpflanzen immer ärmer an Chlorophyll (Blattgrün); die Assimilation von Kohlenstoff ging infolgedessen unvollständig vor sich, die Massenproduktion wurde geringer; die Kalkpflanzen gelangten zwar auch zur Blüte, aber nur zu schwachem Schotenansatz.

Mitte Juli zeigten die Mergelpflanzen ausnahmslos das üppigste Grün; daneben, in 20 cm Entfernung waren die Aetzkalkpflanzen gelb und nur einzelne dazwischen grün. In dieser Zeit machte mich Dr. Tacke, Vorsteher der Moorversuchsstation in Bremen, welcher die Versuchsfläche besichtigte, darauf aufmerksam, dass die Ursache dieser auffallenden Erscheinung vielleicht in der nicht eingetretenen Infizierung der gelben Aetzkalk-Leguminosen mit Pilzen zu suchen sei. Zahlreiche Nachgrabungen und Untersuchungen der Wurzeln bestätigten diese Vermutung. Sämtliche Mergelpflanzen und die sporadisch vorkommenden grünen Aetzkalkpflanzen waren an den Wurzeln reich mit Knöllchen besetzt; dagegen waren die gelbgefärbten Aetzkalkpflanzen ausnahmslos ohne Knöllchen an den Wurzeln; letztere konnten daher den atmosphärischen Stickstoff

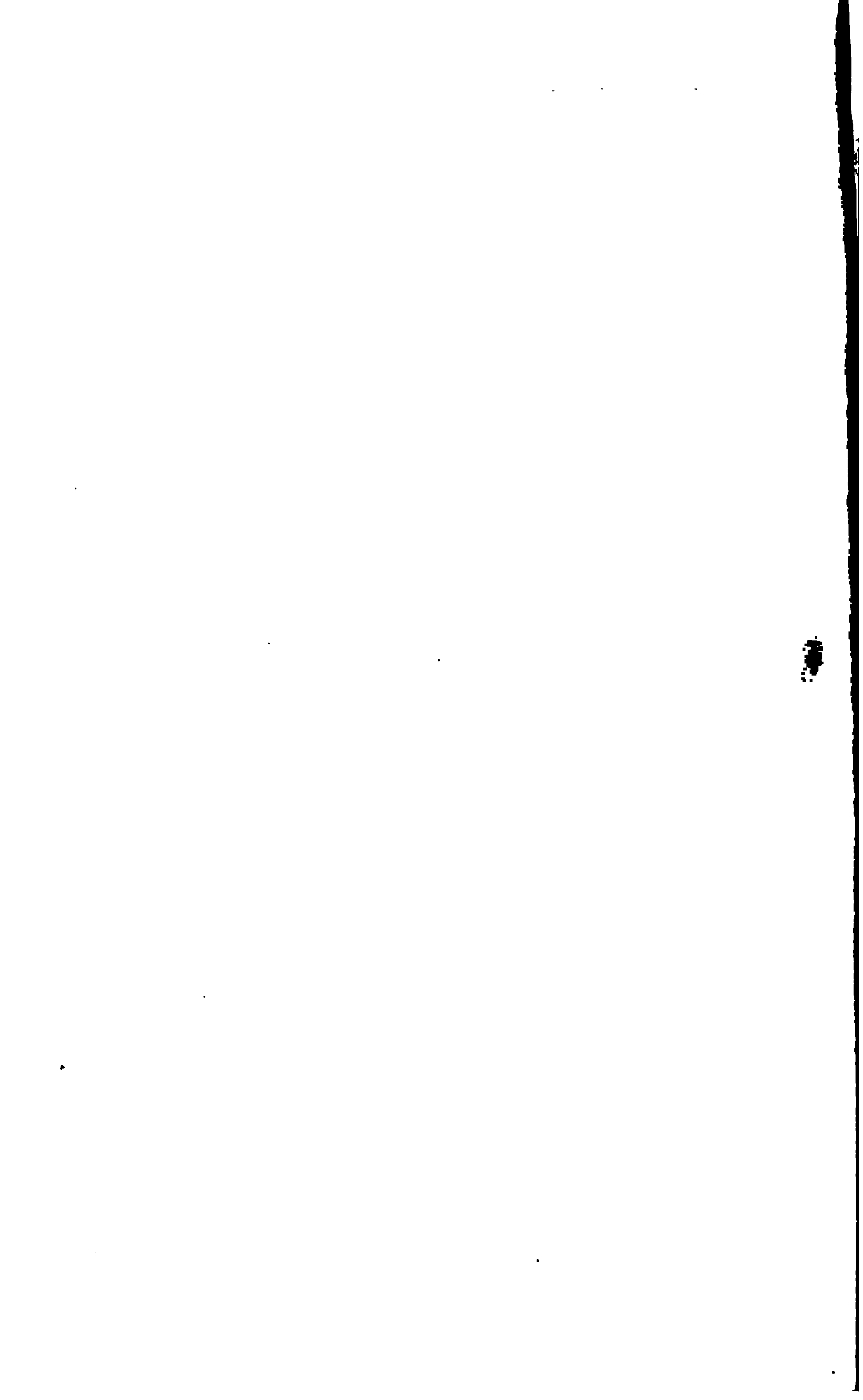
Feld-Erbsen auf hohem leichtestem Sandboden in Darme bei Lingen.

16. Juli 1894.



a pro $^1/_4$ ha 22 Ctr. Uelzener Mergel.

b. pro $^1/_4$ ha 10 Ctr. Aetzkalk, (gebrannter Kalk).

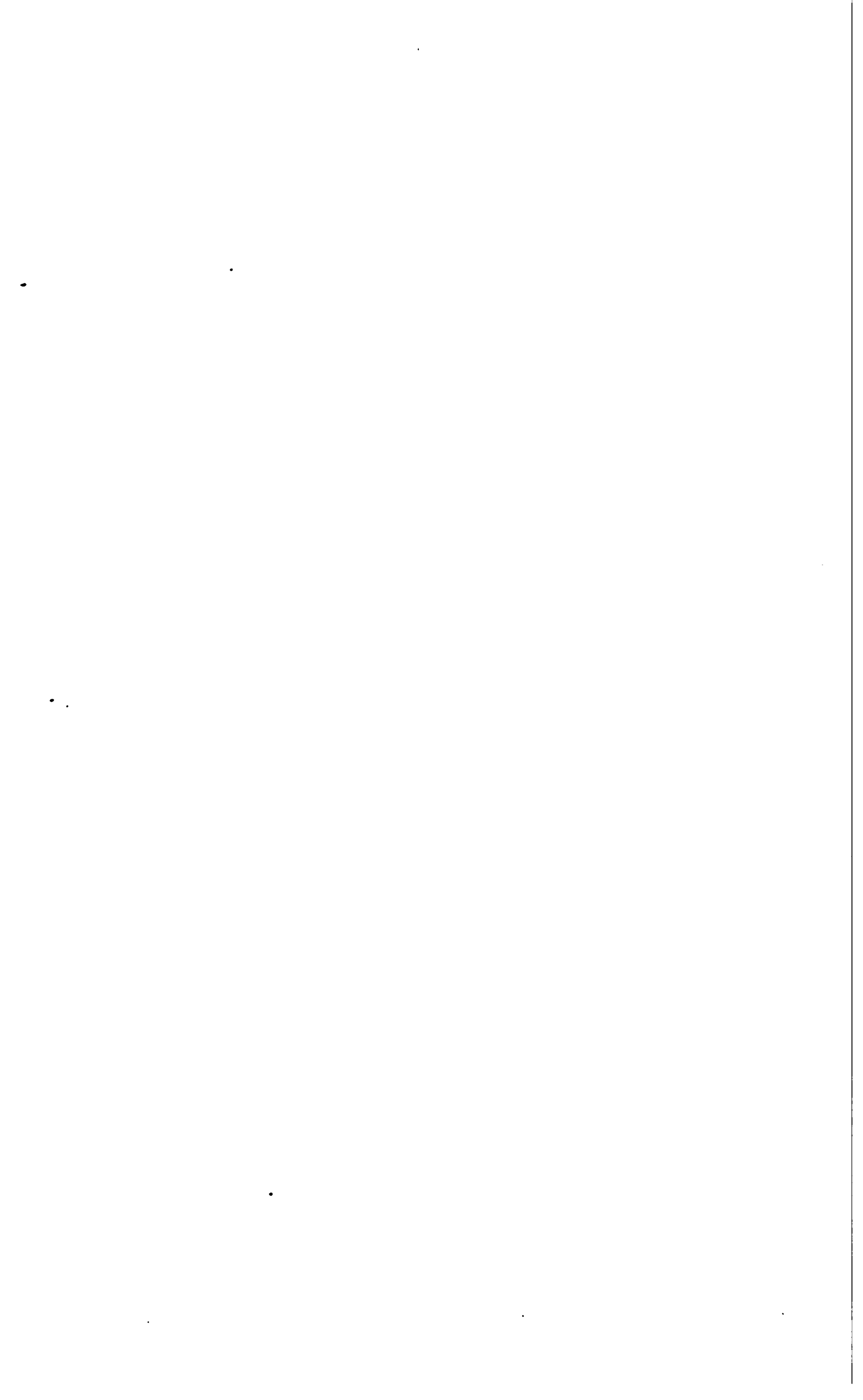


Felderbsen auf hohem leichtestem Sandboden in Darme bei Lingen, 16. Juli 1894.



a. pro $^1/_4$ ha 22 Ctr. Uelzener Mergel.

b. pro $^1/_4$ ha 10 Ctr. Aetzkalk.



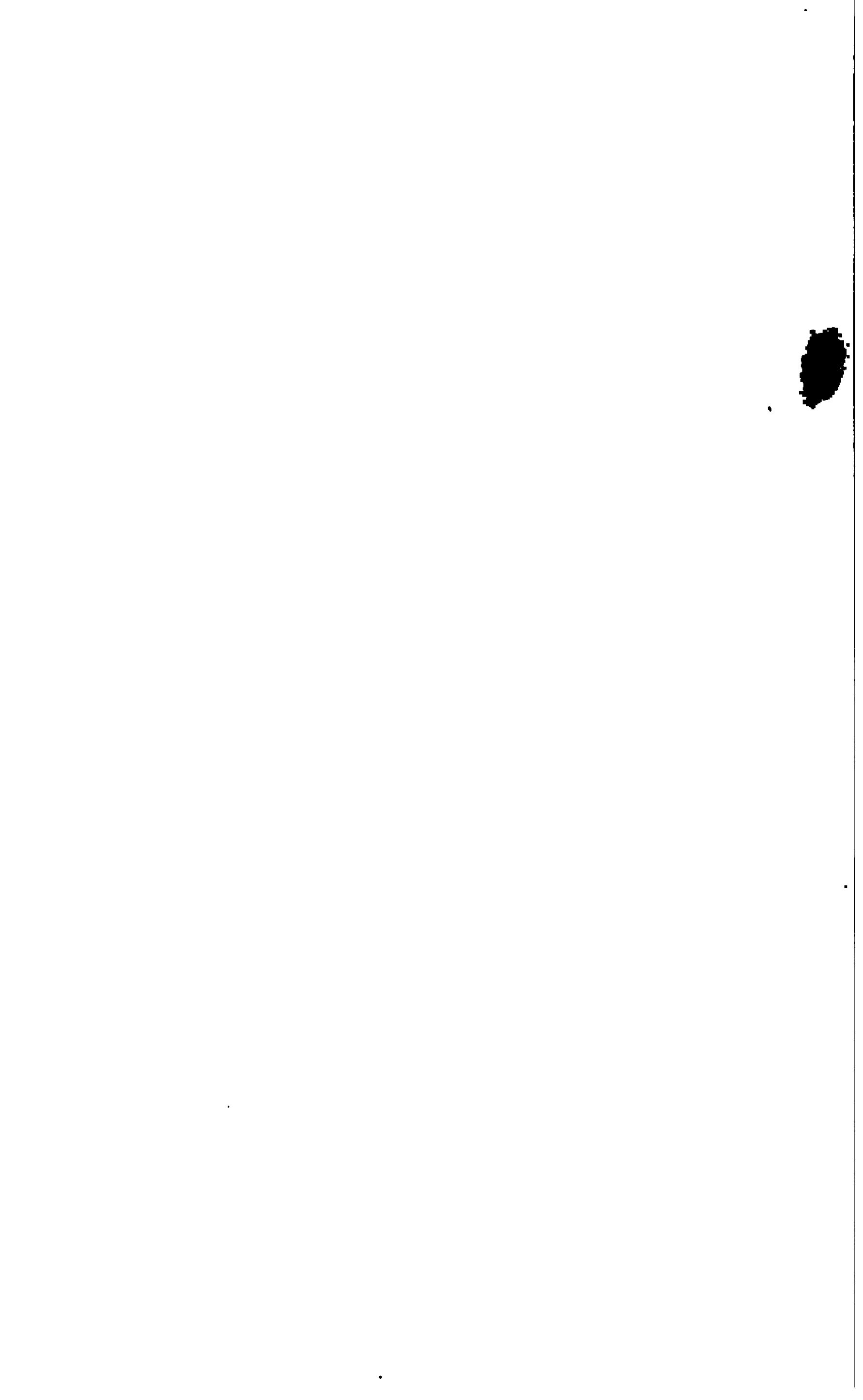
Lathyrus clymenum auf hohem leichtestem Sandboden in Darme bei Lingen.

20. Juli 1894.



a. pro $^1/_4$ ha 10 Ctr. Aetzkalk, (gebrannter Kalk).

b. pro $^1/_4$ ha 22 Ctr. Uelzener Mergel

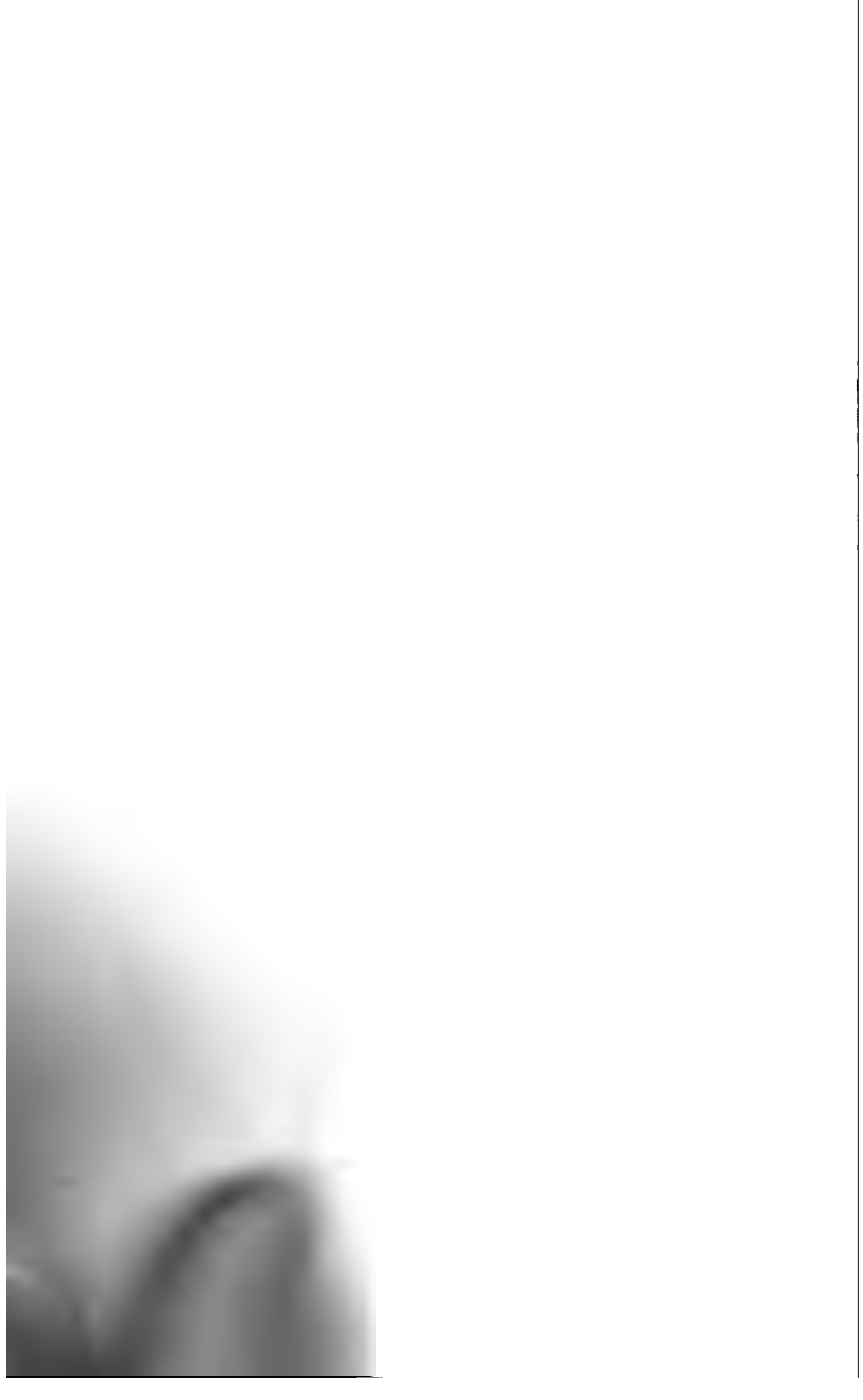


Lathyrus clymenum auf hohem leichtestem Sandboden in Darme bei Lingen;
20. Juli 1894.



a. pro 1/4 ha 22 Ctr.
Uelzener Mergel.

b. pro 1/4 ha 10 Ctr.
Aetzkalk.



nicht aufnehmen und hungerten auf diesem stickstoffarmen Boden sichtlich nach Stickstoff.

In dieser Zeit liess ich einige typische Exemplare von Felderbsen und spanischen Platterbsen photographieren, und legte Pflanzen zum Trocknen ein. (Siehe die Abbildungen Tafel 4, 5, 6, 7.)

Es wurden an Samen geerntet pro 1/4 ha:

	bei Mergel	bei Aetzkalk
von Felderbsen (Pisum sativum L.) . . .	614,50 kg	201,— kg
„ Peluschke (Pisum arvense L.) . . .	653,— „	342,— „
„ Linse (Ervum Lens L.)	167,50 „	43,75 „

Der Ertrag der Felderbsen und Peluschken bei Mergel war also mit Rücksicht auf den geringen Boden ein sehr befriedigender. Bei den Mergel-Linsen war die Knöllchenbildung erst sehr spät eingetreten; Impferde stand für die Linsen, wie bereits erwähnt, nicht zur Verfügung; der späteren Bildung von Knöllchen bei den Mergel-Linsen entspricht der geringe Ertrag.

Die Samenreife der Wicklinse (Ervum monanthos L.) und der spanischen Platterbse (Lathyrus clymenum L.) konnte in diesem nasskalten Sommer nicht abgewartet werden, weil der Acker rechtzeitig mit Winterroggen bestellt werden sollte. Jedoch waren bei diesen beiden Leguminosen die Unterschiede zwischen Mergel und Aetzkalk mindestens so gross wie bei den Felderbsen.

Noch vor 10 Jahren würden wir nicht die richtige Erklärung der schädlichen Wirkung des Aetzkalkes bei diesen kalkliebenden Leguminosen gehabt haben. Jetzt müssen wir nach den Versuchen Hellriegels und anderer Forscher annehmen, dass der Aetzkalk die im Boden vorhandenen oder von uns in der Impferde gegebenen Symbiosepilze getötet und dadurch die Knöllchenbildung unmöglich gemacht hat.

Wir hatten keine grosse Quantität von Aetzkalk gegeben und ihn früh und sorgfältig mit der Ackerkrume vermischt.

Auf besserem Sandboden und Hochmoor haben wir schon früher bei Felderbsen und Pferdebohnen durch Mergel bessere Erträge als durch Aetzkalk erzielt; aber nie sind die Unterschiede so bedeutend wie in diesem Falle gewesen. Steht für kalkarme und humusarme, leichtere Bodenarten kein Mergel zur Verfügung, und ist man gezwungen, zum Anbau von kalkliebenden Leguminosen Aetzkalk anzuwenden, so sollte man es sich zur Regel machen, den Aetzkalk schon zu der vorhergehenden Halmfrucht zu geben, dann aber auch bei der Einsaat der Leguminosen reichlich geeignete Impferde ausstreuen und diese Erde 10—15 cm tief mit dem Boden vermischen. Wird auf stickstoffarmem Boden nur mit Kalisalzen und Phosphaten bezw. auch mit Aetzkalk gedüngt, und finden die Leguminosen nicht rechtzeitig lebensfähige, passende Symbiosepilze, so wird ein Misserfolg eintreten.

Denselben Versuch wie in Darme machte ich in demselben Jahre auch in Polle bei Lingen auf ähnlichem Boden; hier wurde jedoch keine Lehmerde gegeben. Die Erfolge waren ganz dieselben wie in Darme. Es werden durch diese Wirkung des Aetzkalkes auf die Leguminosen auf trockenem leichtem stickstoffarmen Sandboden viele Erfahrungen erklärt, die man früher nicht zu deuten vermochte.

Ein tüchtiger Agrikulturchemiker sprach mir gegenüber die Ansicht aus, dass der Aetzkalk vom August 1893 bis Februar 1894 längst in kohlensauren Kalk umgebildet sein müsse; der Aetzkalk könne nur die im Boden ohne Impfung in neutraler Form vorhanden gewesenen Knöllchenbakterien getötet haben. Dass dort wirklich ziemlich viele solche Bakterien vorhanden waren, zeigte sich auf der Mergelhälfte der Platterbse, Wicklinse und Linse in Darme und Polle, zu welchen Pflanzen keine Impferde gegeben war. Weiter nimmt dieser Kritiker an, dass im Februar 1894 der Aetzkalk durch Verbindung mit Kohlensäure seine schädliche Wirkung verloren haben müsse, und dass demnach die zu Erbse und Peluschke von mir gegebene Erbsen-Impferde keine Knöllchenbakterien enthalten haben könne.

Diese Ansicht hat allerdings viel Wahrscheinliches für sich. Aber ich kann sicher behaupten, dass sowohl auf dem Versuchsfelde in Darme wie in Polle auf der Aetzkalkhälfte pro ar 40 kg Erde verwendet ist, die ganz frisch in Darme von einem vorjährigen Erbsenfelde in Darme, und ebenso ganz frisch in Polle von einem vorjährigen Erbsenfelde in Polle, und zwar in beiden Fällen aus schwach gedüngten Gärten mit Sandboden aus einer Tiefe von 0—20 cm entnommen war. In beiden Fällen waren in den Gärten im Jahre 1893 gute Erbsen gewachsen; es ist nach unseren übrigen Impfversuchen nicht anders anzunehmen, als dass diese Erde in reichlicher Menge die Knöllchenbakterien enthalten hat. Diese Erde ist dann durch Krümmer und Egge sorgfältig mit der Ackerkrume der Versuchsflächen zu Erbse und Peluschke vermischt. Sowohl in Darme wie auch in Polle blieben die Aetzkalk-Erbsen und Peluschken in der grossen Mehrzahl ohne jegliche Knöllchenbildung.

Wenn nun auch der Aetzkalk im Februar 1894 vollständig in kohlensauren Kalk umgebildet sein sollte, so hat trotzdem wahrscheinlich diese Form des kohlensauren Kalks bei der bis zu Anfang Juni herrschenden trockenen Witterung die Bakterien der Impferde ebenfalls beinahe vollständig getötet.

An anderen Orten sind diese Beobachtungen über die Wirkung von Aetzkalk noch nicht so charakteristisch gemacht worden. Ich habe den Auftrag erhalten, diesen Versuch auf ähnlichem Boden zu wiederholen. Ausserdem hat Dr. Tacke, Vorsteher der Moor-Versuchsstation in Bremen, kürzlich von dem Acker in der Nähe des vorjährigen Versuchsfeldes Erde zum Füllen von Gefässen erhalten und wird diese Frage bei Gefässversuchen prüfen.

Wirkung von Moor-Impferde bei Pferdebohnen und Peluschke in Adorf.

Im Sommer 1895 wurde folgende Beobachtung von mir gemacht. In unserer Adorfer Versuchswirtschaft wurden auf neukultiviertem, vorher sehr stark gebranntem Hochmoor nacheinander folgende Gewächse angebaut:

1889. Kalkung und Brachbearbeitung.
1890. Kartoffeln mit Kunstdünger.
1891. Hafer mit Kleegras-Untersaat; Kunstdünger. Ohne Impferde.
1892. Kleegras mit Kunstdünger.
1893. Kleegras bis Johanni, mit Kunstdünger.
1894. Winterroggen mit Stallmist und Kunstdünger.
1895. Pferdebohnen und Peluschke mit Kainit und Thomasphosphat.

Vor der Bestellung wurden auf der ganzen Fläche pro ha 4000 kg gut gepulverte Wiererde (Marscherde aus Holland) sehr gleichmässig mit der Hand ausgestreut. Auf einem Streifen von 20 m Breite quer über 8 Aecker liess ich ausserdem etwa ebensoviel Moor-Impferde ausstreuen; letztere war von einem Hochmoor-Acker in Hesepertwist entnommen, wo mit reichlicher Knöllchenbildung gute Pferdebohnen im Jahre 1894 gewachsen waren. Beide Impferden wurden dann zugleich durch Handarbeit 10—12 cm tief mit der Ackerkrume vermischt.

In der ganzen zweiten Hälfte des Juni waren Pferdebohnen und Peluschken da, wo nur Wiererde als Impferde gegeben war, gelbgrün und schwächlich entwickelt. Wo aber Wiererde und zugleich Moor-Impferde angewendet war, sahen diese Leguminosen scharf abgegrenzt dunkelgrün und üppig aus. Anfang Juli besserten sich die Pflanzen auf der ersteren Fläche, erreichten aber nicht die Entwickelung der mit Moor-Impferde versehenen Pflanzen.

Bei diesem Versuche hat also die Moor-Impferde entschieden besser als die Marsch-Impferde gewirkt, weil letztere offenbar nicht genügend die für Pferdebohne und Peluschke passenden Knöllchenbakterien enthielt.

Die Marscherde aus Holland kann in der von uns angewendeten Quantität nicht immer für Pferdebohne und Peluschke als ein zuverlässiges Impfmaterial angesehen werden und kostet bedeutend mehr als unsere eigene Moor-Impferde.

IV. Die Bedeutung der Bodenimpfung für die landwirtschaftliche Praxis und Ratschläge für die Verwertung derselben.

Bei der Einleitung des vorigen Abschnittes warfen wir die Frage auf: „Giebt es Naturboden, der so arm an Knöllchenbakterien ist, dass eine Boden-Impfung geboten erscheint?“ Wir haben zahlreiche in Deutschland, Oesterreich und Schweden ausgeführte Versuche beschrieben, die beweisen, dass es solche Bodenarten giebt.

Die erfolgreichen Versuche sind nicht auf sehr stickstoffreichen Bodenarten ausgeführt; und es ist auch nach den Versuchen von Hellriegel, Frank und Nobbe in Gefässen nicht anzunehmen, dass in stickstoffreichen Bodenarten oder mit reichlicher Stickstoffdüngung bei den Leguminosen die Knöllchenbildung und die Aufnahme des freien atmosphärischen Stickstoffs eine grosse Bedeutung haben wird.

Vielmehr sind die grössten Erfolge der Bodenimpfung auf den stickstoffärmsten Bodenarten — dem Hochmoor und Sandboden — und zwar insbesondere auf neukultiviertem Hochmoor und neukultiviertem Haidesand bei mässiger Stickstoffdüngung oder gänzlichem Ausschluss der Stickstoffdüngung erzielt worden, vorausgesetzt, dass alle übrigen Wachstumsbedingungen von Natur vorhanden oder künstlich geschaffen waren.

6*

Ueberblicken wir zunächst die Versuche der Preussischen und Schwedischen Moorversuchsstationen **auf neukultiviertem Hochmoor**. Sie lassen gar keinen Zweifel mehr darüber, dass für diesen Boden nach genügender Entwässerung, Kalkung oder Mergelung, und bei angemessenen Gaben von Kali und Phosphorsäure in den meisten Fällen erst die Bodenimpfung das schnelle und üppige Gedeihen derjenigen Leguminosen, die überhaupt auf diesem Boden mit Erfolg gebaut werden können, sichern, auch wenn keine Stickstoffdüngung gegeben wird oder wenn kein gebundener Stickstoff von einer früheren Düngung mehr zu Gebote steht. Zu diesen Leguminosen gehören Trifolium pratense (Rotklee), Trifolium hybridum (Bastardklee), Trifolium repens (der weisse kriechende Klee), Lotus corniculatus und villosus (Schotenklee), die Serradella, die Pferdebohne, Pisum sativum (die Felderbse), Pisum arvense (Peluschke).

Am grössten waren die Erfolge der Bodenimpfung bei allen diesen Leguminosen auf Hochmoor, welches in den letzten Jahren zum Brandfruchtbau benutzt war; denn ohne Bodenimpfung missrieten hier Serradella, Pferdebohne, Felderbse und Peluschke stets vollständig. Diese Erscheinung ist leicht erklärlich für denjenigen, der die Ausführung des Moorbrennens in der Nähe beobachtet hat. Wenn das Moor auch nicht mit Flamme brennt, so wird die Hitze doch so bedeutend, dass die Hufe der Pferde bedeutend geschädigt werden, wenn sie vor dem Erkalten des Moores darauf gelangen. Es wird also offenbar durch das Moorbrennen alles organische Leben der Oberfläche zerstört.

In dem mit Haide bisher bewachsenen, seit längeren Jahren nicht gebranntem Hochmoor war die Bodenimpfung bei Hülsenfrüchten ebenfalls sehr bedeutend, wie die Versuche der Schwedischen Moorversuchsstation beweisen; bei Serradella war dasselbe der Fall. Dagegen scheinen die Kleearten in einigen Fällen, bei günstiger Witterung, namentlich wenn schon in der Nähe in den letzten Jahren Klee gebaut war, auf solchen Flächen die Bodenimpfung eher entbehren zu können; trotzdem empfehlen wir auch hier die Bodenimpfung sehr eindringlich, um den Klee schnellwüchsiger zu machen und gegen die Ungunst der Witterung zu sichern, wenn die Beschaffung der Impferde nicht zu grosse Kosten verursacht. Letzteres wird nie der Fall sein, wenn man auf einer kleinen Fläche schon eine Leguminose mit reichlicher Knöllchenbildung angebaut hat; dann hat man genug Impferde für 20 mal grössere Flächen, ohne die erstere kleinere Fläche bedeutend in ihrer Ertragsfähigkeit zu schädigen. Wenn man die Impferde mit der Hand ausstreut, beträgt der Kostenaufwand für Ausstreuen pro ha 2 Männer à 2 Mk. = 4 Mk.

Für denjenigen, der die grossen wüst liegenden Hochmoore kennt, ist es nicht überraschend, dass hier die Bodenimpfung auf rationell durchgeführten Neukulturen, falls nicht bedeutende Quantitäten von Stallmist oder Fäkaldünger gegeben werden, so bedeutende Erfolge hervorbringt. Auf dem unkultivierten Hochmoor wachsen überhaupt keine Leguminosen, auf den Aeckern der deutschen Moorkolonien wurden früher keine Leguminosen angebaut, und nur auf den gedüngten Wiesen der emsländischen Moorkolonien fanden sich vor 10 Jahren Kleegewächse. Diese Kolonien liegen häufig 10 km weit von einander entfernt, da-

zwischen das wüste Hochmoor, nur zu Schafweide und periodisch zu Brandkultur benutzt.

Das Hochmoor mit seiner starken Humussäure scheint vor der Entwässerung, Bearbeitung und Kalkung oder Mergelung ein sehr ungeeigneter Nährboden für die Knöllchenbakterien zu sein, wie aus den Gefässversuchen der Moor-Versuchsstation in Bremen deutlich hervorgeht; denn ohne Anwendung von Kalk blieb dort die Bodenimpfung ohne allen Erfolg.

Wo sich also ähnliche Vorbedingungen wie in den nordwestdeutschen und schwedischen Hochmooren finden und wo man gezwungen ist, die Neukultur auf solchem Boden ohne Verwendung von tierischem Dünger und Fäkaldünger zu beginnen, halten wir die Bodenimpfung zu den Leguminosen für eine unumgängliche Kulturmassregel zur Sicherung des Erfolges; denn Klee als ergiebige und wertvolle Futterpflanze, und Serradella als stickstoffsammelnde Gründüngungspflanze bei Untersaat unter Winterroggen sind in solchen Wirtschaftsbetrieben die wichtigsten Faktoren. Das Hochmoor ist arm an löslichem Bodenstickstoff. Durch die massenhafte Produktion von Klee und Serradella wird Luftstickstoff in organischen Stickstoff umgewandelt und demnächst den Stickstoffzehrern Roggen, Hafer und Kartoffeln als Nahrung zugeführt.

Wer wie die Holländer und Ostfriesen in den Veenkolonien auf dem abgetorften Hochmoor mit Sandmischung bei Neukulturen grosse Mengen von Fäkaldünger oder Stallmist aus der Marsch verwendet, danach Kartoffeln, dann Roggen mit Untersaat von Klee baut, der hat zur Sicherung des letzteren erfahrungsmässig nie Impferde nötig; dieser wird ohnehin bei der starken Düngung üppig, weil er Stickstoffdüngung erhielt, und weil wahrscheinlich mit der Düngung eine Menge von Knöllchenbakterien mit dem Stallmist aus der Marsch zugeführt werden; aber auch die Holländer gehen jetzt mehr und mehr zu der Verwendung von Kunstdünger auf dem neukultivierten Hochmoor über, da er billiger ist.

In den nordwestdeutschen Hochmooren ist das Klima günstig für den Anbau von Klee und Serradella; meistens lässt sich der Grundwasserstand so regulieren, dass der Wasserbedarf der reichsten Ernten selbst in sehr trockenen Jahren mit Hilfe der Kapillarkraft der Torfmoose aus dem Untergrunde befriedigt werden kann. Als Impferde zu Leguminosen kann in den Hochmooren je nach der Oertlichkeit fruchtbare Marscherde oder Erde aus der Ackerkrume eines Leguminosenackers in einer Quantität von 1000—4000 kg pro ha verwendet werden. Wird die Impferde von einer Leguminosenfläche entnommen, so dürfte es nach unseren Erfahrungen im Erfolge gleich sein, ob diese Impferde von Hochmoor, Sandboden oder anderem mineralischen Boden entnommen wird. Voraussetzung ist jedenfalls dabei, dass die Leguminosen reichlich Wurzelknöllchen gebildet haben. Seeschlick kann ebenfalls als Impferde gegeben werden, wenn er Knöllchenbakterien enthält. Bei dem Versuche in den Emsmooren (Twist) war dieses nicht der Fall, wogegen der Seeschlick bei den Bremer Gefässversuchen reiche Knöllchenbildung der Leguminosen bewirkte. Bei diesen Gefässversuchen trat, wenn auch später, bei Anwendung von Seeschlick, der durch Erhitzen auf etwas über 100° von allen lebenden Keimen befreit war, Knöllchenbildung ein. Es scheint demnach, dass die Anwendung von Seeschlick

als Impferde, bei gleichzeitigen Gaben von Kalk, die Einwanderung und Vermehrung der Knöllchenbakterien begünstigt. Die Erfolge von Seeschlick bei den Leguminosen sind um so bedeutender, je grössere Quantitäten davon angewendet werden; dann treten auch die chemischen und physikalischen Wirkungen des Seeschlicks in Wirkung. —

Wenden wir uns nun zu den **Impfversuchen bei Neukulturen auf Diluvialsand.** Es sind mir in dieser Richtung nur wenige vergleichende Versuche bei gelber Lupine, Serradella und Klee bekannt geworden. Diese Versuchsflächen gehören den stickstoffärmsten Bodenarten an; sie waren vor der Kultur mit Haidekräutern bewachsen und lagen nicht in der Nähe von kultivierten Flächen. Reichliche Mengen von Kalisalzen und Thomasphosphatmehl wurden gegeben. Die Erfolge der Bodenimpfung waren meistens ganz ausserordentlich gross; ohne Bodenimpfung missrieten Lupinen und Klee wegen Stickstoffhunger. Bei diesen Pflanzen waren die Wirkungen der Bodenimpfung auf den Versuchsflächen bei Lingen mindestens ebenso bedeutend als in den neukultivierten Hochmooren bei Hülsenfrüchten und Serradella. Die starke Wirkung der Bodenimpfung zu Serradella auf feuchtem Sandhaideboden in Düsenburg bei Lingen ist insofern interessant, weil daselbst zur Vorfrucht reichlich mit Stallmist und zu der Ueberfrucht der Serradella wieder mit Stallmist gedüngt war. Mit dem Stallmist sind also in diesem Falle nur wenige Knöllchenbakterien dem Neuland zugeführt.

Bei den von mir selbst auf Neukulturen mit Diluvialsand ausgeführten Impfversuchen fanden sich vor der Urbarmachung keine wild wachsende Leguminosen. Die weitgedehnten Haideflächen des Sanddiluviums weisen in der Regel hier keine wild wachsenden Leguminosen auf; nur selten findet man in der Haide in der Nähe der Aecker an Fahrwegen kleine wild wachsende Serradella-Pflanzen mit Wurzelknöllchen. Der Fahrweg deutet in diesen Fällen auf zufällig zugeführten Dünger und Knöllchenbakterien hin, und die Samen der Serradella werden durch Vögel dorthin gelangt sein.

Es ist also durch diese Thatsachen zu erklären, dass die Bodenimpfung bei Neukulturen auf diesen Sandhaideflächen bei Lupinen, Serradella und Klee so bedeutende Wirkung äussert, sobald durch Düngung mit Kalisalzen und Thomasphosphatmehl die übrigen Bedingungen zum Gedeihen dieser Leguminosen geschaffen sind.

Seit 10 Jahren werden im ganzen mittleren Emsgebiete auf leichten Bodenarten die älteren Wiesen immer mehr ausschliesslich mit Kainit und Thomasphosphatmehl gedüngt; solche Wiesen werden ohne Ansaat allmählich zu Futterflächen, auf denen die Leguminosen vorherrschen. Je nach der Bodenlage erscheinen mehr oder weniger Trifolium repens, Trifolium filiforme, Trifolium pratense, Lotus corniculatus und uliginosus. Ebenso werden bei günstigem Grundwasserstande nicht nur auf stickstoffreichem Grünlandsmoor und Bruchboden, sondern häufig auch mitten in der Haide auf stickstoff- und humusarmen Bodenflächen, die bisher beinahe gar keinen Wert hatten, von den fleissigen Bauern ohne meine Anleitung neue dauernde Kleewiesen mit grossem Erfolge angelegt. Auf den an Stickstoff und Humus armen Haideflächen wendet man in der Regel folgendes Verfahren an: Die Haide wird nicht umgebrochen, sondern nur planiert; hierdurch wird nur die Oberfläche etwas wund gemacht. Dann düngt man im Herbst mit Kainit und

Thomasphosphat; für das erste Jahr wird ausserdem eine Kompostdüngung oder etwas Erde von altem Ackerland zu Hilfe genommen. Bei der Auswahl dieser Erde verfährt man allerdings nicht ganz rationell; denn auf dem Ackerlande sind nie Leguminosen angebaut. Im Frühjahre sät man dann Samen von Lotus und auch wohl Trifolium repens und vielleicht auch etwas Heusamen, und bringt den Samen durch Eggen leicht unter; mitunter werden auch Trifolium pratense und hybridum gesät. Die Erfolge dieses Verfahrens sind beinahe immer gut und teilweise erstaunlich. Der günstige Grundwasserstand und die Witterung der meisten Jahre begünstigen im mittleren Emsgebiete das Gedeihen solcher Kleewiesen. Einige Bauern säen anfangs nur Lotus corniculatus villosus auf solchen Haideflächen und erzielen von dieser Pflanze grosse Mengen von Samen zum Verkauf.

Wir müssen annehmen, dass bei diesem Verfahren mit dem Kompostdünger oder der Ackererde mehr oder weniger reichliche Mengen der Knöllchenbakterien, die gerade für Klee passend sind, zugeführt werden. In gewisser Weise kann man dieses Verfahren bei der Neu-Anlage von Dauerwiesen auch eine Bodenimpfung nennen.

Wer auf Neukulturen des stickstoffarmen Diluvialsandes, wo keine Leguminosen wild wuchsen, in den ersten Jahren bei Mineraldüngung sofort mit Sicherheit die für solchen Boden passenden Leguminosen anbauen will, der mache jedenfalls genaue vergleichende Versuche mit der Bodenimpfung. In vielen Fällen wird die Impfung bedeutende Erfolge gewähren. Stehen für neues Ackerland auf solchem Boden nicht grosse Mengen von gutem Stallmist für die stickstoffzehrenden Pflanzen zur Verfügung, so ist selbstverständlich der baldige Anbau von stickstoffsammelnden Pflanzen eine wirtschaftliche Notwendigkeit. —

Impfversuche auf Neuland des Lehmbodens und anderer mineralischer Bodenarten sind mir nicht bekannt geworden. Ich zweifele aber nicht daran, dass häufig auch auf solchen Bodenarten in den ersten Jahren nach der Urbarmachung, bevor wiederholt Stallmist angewendet ist, die Bodenimpfung zu Leguminosen Erfolge bringen wird, namentlich wenn der Boden bei der Urbarmachung bedeutende Planierungen und Umsetzungen erfahren hat. Darauf deutet der Versuch von A. G. Schmitter in Leipzig mit Lupinen auf schwerem, humusarmen Lehmboden hin, wo die obere Schicht einer Wiese abgetragen war. Ebenso wird nach tiefem Rijolen von altem Kulturland, wobei die Ackerkrume vollständig nach unten gelangt, mitunter die Bodenimpfung zu solchen Leguminosen von Vorteil sein, bei denen die Wurzelknöllchen sich nicht in den tieferen Bodenschichten bilden.

Vor 40 Jahren habe ich in der Gegend von Wunstorf in mehreren Feldmarken ausgedehnte Urbarmachungen auf mildem Lehmboden und schwererem Lehmboden erlebt, wo früher entweder Holzbestand oder Anger (Kuh- und Schafweide) war. Die Urbarmachung wurde in vorzüglicher Weise mit Spaten und Hacke ausgeführt und dann im folgenden Brachjahre gemergelt. Der durch seine Urbarmachungen berühmt gewordene Domänenpächter Barckhausen baute auf dem humus- und stickstoffreichen Neuland nach zweijähriger sorgfältiger Brachbearbeitung als erste Frucht mit Stallmistdüngung zuerst Raps oder Winterroggen an; unter dem Roggen wurde dann mit gutem Erfolge roter oder weisser

Klee gesät. Dagegen missrieten im Jahre 1853 grössere Flächen Erbsen, die mit Stallmist gedüngt waren, vollständig; diese Flächen waren im Winter 1851/52 umgebrochen und im Jahre 1852 gemergelt und mehrere Male bearbeitet. In der benachbarten Feldmark Holtensen wurde der beste Lehmboden unter meiner Aufsicht aus ewiger Weide im Jahre 1855 mit Spaten und Hacke sorgfältig umgebrochen und im nächsten Jahre gemergelt. Seitdem hat in diesem Betriebe nie Stallmist gemangelt, und in neuerer Zeit ist mehr und mehr Kunstdünger zu Hilfe genommen. Nach 30 Jahren wurde mir von meinem Freunde, dem dortigen Rittergutspächter, mitgeteilt, dass alle Früchte des Lehmbodens, Halmfrüchte, Raps und Zuckerrüben, vortrefflich wüchsen; nur Pferdebohnen wollten nie gedeihen. — Im Jahre 1862 wurden unter meiner Aufsicht auf der Domäne Duttenstedt in Braunschweig etwa 30 Morgen Ackerland mit dem Spaten 45 cm tief rijolt, um den schädlichen orthaltigen, eisenschüssigen Lehmsand an die Oberfläche zu bringen; die Ackerkrume bestand aus Haidesand und wurde nach unten gebracht. Im nächsten Jahre wurden auf der einen Hälfte gelbe und blaue Lupinen ohne Düngung, und auf der anderen Hälfte Kohlrüben mit Schafmist gebaut. Diese Gewächse hatten dort vor dem Rijolen nie gedeihen wollen und gerieten ausgezeichnet. Ich verliess dann diese Wirtschaft; nachher haben die Pächter mehrere Male gewechselt. Nach 19 Jahren fand ich dort einen sehr tüchtigen Pächter; er machte mir zu meinem Erstaunen die Mitteilung, dass auf dem früher rijolten Acker trotz Anwendung von Mergel, Kali und Phosphorsäure Erbsen nicht geraten wollten, wogegen er auf Haidesand ohne den bezeichneten orthaltigen Lehm im Untergrunde mit gutem Erfolge Erbsen baut. Ich konnte keinen Nachweis erlangen, ob die missratenen Erbsen keine Wurzelknöllchen gebildet haben.

Diese Erfahrungen habe ich mitgeteilt, um zu zeigen, dass selbst auf dem besseren Lehmboden und auf anderen mineralischen Bodenarten Pferdebohnen und Erbsen auf Neuland lange Jahre nach der Urbarmachung nicht gedeihen wollen, ebenso nach Rijolen von Ackerland, ohne dass man den Grund ihres Missratens bisher erklären konnte. Es dürfte angezeigt sein, zu untersuchen, ob in solchen Fällen die Knöllchenbildung bei Pferdebohnen und Erbsen unterbleibt; dann sind Impfversuche zu empfehlen, wenn der Boden nicht reich an Stickstoff ist und wenn keine Stickstoffdüngung gegeben wird.

Ich erinnere an die oben erwähnten Worte von Professor von Knieriem aus Livland, dass für Neuland es eine der obersten Regeln der Fruchtfolge ist, dass es 6, 7, 8 Jahre in Kultur mit Stallmistdüngung sein muss, bevor Erbsen, Wicken und Klee gut gedeihen. Für Klee trifft dieses nicht überall zu. Ich komme auf diese Erfahrungen an Pferdebohnen, Erbsen und Wicken bei der Frage der Anpassung der Knöllchenbakterien an gewisse Leguminosen zurück; die Nobbeschen Versuche dürften zur Erklärung dieser Erscheinungen beitragen.

Es kann also die Vermutung ausgesprochen werden, dass auch auf neukultiviertem Lehmboden eine richtig ausgeführte Bodenimpfung unter Umständen von bedeutendem Erfolge bei Leguminosen sein wird. —

Wir besprechen nun die **Bodenimpfungen auf altem Kulturland.** Von den beschriebenen Versuchen müssen wir diejenigen in stickstoffreichem Gartenboden ausscheiden, weil in solchem Boden die Aufnahme des freien Stickstoffs ohnehin keine grosse Bedeutung hat. Es bleiben dann hauptsächlich die Versuche der Preussischen Moor-Versuchsstation; bei Bremen wurde im Hochmoor durch Bodenimpfung bei einem Gemenge von Pferdebohnen und Erbsen in einem Falle gar keine Steigerung des Kornertrages, aber eine sehr erhebliche des Stroh-ertrages erzielt; in allen übrigen Fällen betrug die Steigerung im Durchschnitt

18 % des Korn- und etwa ½ % des Strohertrages.

Die Erfolge blieben also weit hinter dem auf Hochmoor-Neuland zurück. Bei Lingen wurde auf altkultiviertem Sandboden, wo niemals Leguminosen gebaut waren, durch Lupinen-Impferde eine mässige Ertragssteigerung bewirkt.

Ferner hat F. Arndt in Oberwartha bei Dresden schweren Lösslehm durch mehrjährig fortgesetzte Impfversuche, gute Bearbeitung und zweckmässige Düngung dazu gebracht, Serradella zu tragen.

Besonders bemerkenswert sind die Impfversuche bei Lupinen mit Lupitzer Lupinenerde von Professor Fruwirth in Mödling bei Wien in steinigem, schwach humushaltigem Kalkboden, auf dem eine grosse Zahl von Hülsenfrüchten kultiviert, Lupine aber nie angebaut war. Der Erfolg der Bodenimpfung war sehr bedeutend.

Der letzte Versuch führt uns wieder zu dem Ergebnisse der oben erwähnten einwandsfreien Nobbeschen Versuche, wonach die Knöllchenbakterien sich gewissen Leguminosen-Arten so sehr anpassen, dass sie dadurch auf andere Leguminosen bedeutend weniger wirksam werden. Als gegenseitig wirksam werden von Nobbe auf Grund der Reinkultur-Versuche Erbsen- und Wickenbakterien bezeichnet, dagegen als bestimmt unwirksam die Erbsen- und Wickenbakterien auf Serradella, Rotklee, Wundklee und andere Kleearten. Nach Nobbes Angaben werden auf einem Felde, das z. B. Erbsen getragen hat, Klee, Serradella oder Lupine garnicht oder nur mangelhaft Knöllchen bilden, welche den freien atmosphärischen Stickstoff sammeln, selbst wenn im übrigen alle Erfordernisse zu einer gedeihlichen Entwickelung der Pflanzen gegeben sind. Für den Landwirt ergiebt sich nach Nobbe die Notwendigkeit, beim Anbau von Leguminosen durch Ausstreuen von entsprechender Impferde dafür Sorge zu tragen, dass die jugendlichen Pflänzchen rechtzeitig und kräftig Knöllchen zu bilden vermögen. Die Impferde ist mithin von solchem Boden zu entnehmen, welcher im Vorjahre die betreffende Leguminosen-Gattung getragen hat: für anzubauende Lupinen also von Lupinenboden, für Erbsen von Erbsenboden, für Klee von Kleeboden, für Serradella von Serradellaboden.

Diese Nobbeschen Versuche erhielten ihre Bestätigung in der landwirtschaftlichen Praxis:

1. durch den Versuch von Fruwirth mit gelben Lupinen auf altem Kulturland, wo vorher andere Leguminosen gebaut waren;

2. durch den Versuch der Ems-Abteilung der Moor-Versuchsstation in der Gr. Fullener Versuchswirtschaft mit Serradella, wo im zweiten Jahre vorher mit Erfolg Pferdebohnen angebaut waren;
3. durch den Misserfolg von Lupinen-Impferde und den Erfolg von Erbsen-Impferde bei einem Gemisch von Pferdebohnen und Erbsen in der Hesepertwister Versuchswirtschaft auf Hochmoor-Neuland, wo die Abteilungen ohne Impferde zugleich zeigten, dass nur wenige wirksame Knöllchenbakterien in neutraler Form nach Nobbe vorhanden waren;
4. durch den Misserfolg mit Serradella ohne Serradella-Impferde, im zweiten Jahre nach Klee, in der Hesepertwister Versuchswirtschaft, und den gleichzeitigen Erfolg von Serradella-Impferde.

Die neutrale Form der Knöllchenbakterien scheint auf älterem Kulturland des Hochmoores und der verschiedenen mineralischen Bodenarten, wo niemals Leguminosen gebaut sind, häufig vorhanden zu sein. Diese Frage ist noch zu wenig wissenschaftlich erforscht, um dafür eine Erklärung zu geben. Thatsache ist, dass man auf älterem Kulturland — Sandboden — häufig ohne Bodenimpfung mit Erfolg und mit reichlicher Knöllchenbildung Lupinen anbaut, ebenso bei Lingen die spanische Platterbse (Lathyrus clymenum), die hier nie gebaut war. In Siebenbürgen baute ich auf stickstoffarmem Grundschuttboden mit dem besten Erfolge in den Jahren 1873—1876 ohne Düngung Erbsen, Rotklee, Esparsette, wo seit 30 Jahren nur Mais gebaut war und infolge der schwachen Stallmistdüngung nicht mehr gut gedeihen wollte. Dieselben Erfahrungen hat man dort in jener Zeit in vielen Gemeinden gemacht, als der Anbau von Wicken und Klee überhaupt erst eingeführt wurde; freilich zeigt die Vegetation der dortigen Feldwege, Feldraine und unkultivierten Flächen eine Menge von wild wachsenden Leguminosen.

Auf älterem, und namentlich mit tierischem Dünger gedüngtem Kulturland, wo noch niemals Leguminosen angebaut sind, wird daher in den meisten Fällen eine Bodenimpfung keinen Erfolg bringen.

Aber ganz anders steht diese Sache auf solchem Boden, wo im Zeitraume von gewissen Jahren verschiedene Leguminosen im Wechsel angebaut werden. Da haben wir durch vergleichende Versuche die Frage zu stellen:

> Sind für eine gewisse Leguminosenart reichlich Knöllchenbakterien in wirksamer Form vorhanden, oder haben sich die meisten Bakterien der früher gebauten Leguminose so sehr angepasst, dass sie dadurch ihre volle Wirkung auf eine andere Leguminosenart eingebüsst haben.

Ob die Nobbeschen Forschungen über die Anpassung der Knöllchenbakterien auf vielen Aeckern ihre Bestätigung finden, muss die Prüfung zeigen, wahrscheinlich nicht auf den von Natur und durch Düngung fruchtbarsten und stickstoffreichen Bodenarten, aber vielleicht auf stickstoffärmeren Ackerflächen*), wenn selten mit Stallmist gedüngt

---

*) In Lupitz gedeihen auf altem Ackerland bei häufiger Düngung mit Kali und Phosphorsäure nach den Veröffentlichungen von Dr. Schultz die verschiedensten Leguminosen-Arten in kurzem Wechsel.

wird Wo eine Leguminose nicht geraten will, da untersuche man fleissig die Wurzeln, ob die Knöllchenbildung unterblieben ist, und wenn das der Fall ist, so schreite man im nächsten Jahre zu vergleichenden Impfversuchen. Die Sache ist für die landwirtschaftliche Praxis in solchen Fällen sicher wichtig genug. Selbstverständlich kann das fortwährende Missraten einer gewissen Leguminosenart auch in anderen Ursachen begründet sein.

Die Bodenimpfung zu Leguminosen ist kein Universalmittel, welches alle Schäden heilt und ausser dem gebundenen Stickstoff keinen Pflanzennährstoff zu ersetzen vermag. Ein Rittergutsbesitzer schrieb mir vor einigen Monaten, er besitze eine grössere Ackerfläche, wo er nicht gemergelt habe und auch nicht mergeln wolle, weil er dort sehr häufig Kartoffeln baue, die nach Mergelung Schorf bekommen würden; ohne Mergel wüchse dort kein weisser Klee. Er fragte bei mir um Rat, ob eine schwache Bodenimpfung den Kalk des Mergels ersetzen könne. Das ist nicht möglich bei einer Bodenimpfung, wenn in der Impferde nicht zugleich viel Kalk zugeführt wird.

Die Auswahl der Impferde. Wenn nicht zu grosse Kosten bei dem erstmaligen Bezuge von Impferde entstehen sollen, so entnehme man von dem eigenen Boden die Impferde, und zwar von solchem Boden, welcher im Vorjahre*) die betr. Leguminosen-Gattung in befriedigendem Bestande und mit gut entwickelten Wurzelknöllchen getragen hat. Die Impferde ist aus der Kulturschicht zu entnehmen, in der sich die Wurzelknöllchen gebildet hatten, also etwa aus der Bodenschicht von 0—15 cm; diese Erde darf bis zum Ausstreuen nicht vollständig trocken werden, weil sonst die Vegetationsfähigkeit der Bakterien leiden würde.

Die Quantität der Impferde ist zu bemessen:

1. nach der Wahrscheinlichkeit, ob mehr oder weniger Knöllchenbakterien in der Erde enthalten sind,
2. nach der Möglichkeit der feinen und sorgfältigen Verteilung dieser Erde.

Am wenigsten liessen sich bei unseren Bodenimpfungen Marscherde und Seeschlick zerkleinern, besser wenn diese Erden durchgefroren und wieder trocken geworden waren; im letzteren Falle brachten bei fein verteilter Marscherde schon 2000 kg pro ha eine bedeutende Wirkung hervor; sicher geht man bei dieser Erde, wenn man 4000 kg pro ha nimmt. Dasselbe wird bei Lehm- und Thon-Boden der Fall sein, wenn man ihn als Impferde verwendet. Moorerde von einem Leguminosenfelde hat einen sehr verschiedenen Zusammenhang; auf abgeernteten Bohnen- und Erbsen-Aeckern ist die Ackerkrume sehr locker; dasselbe ist bei Peluschke der Fall; dagegen muss die Impferde von ungebrochenen Kleeschlägen im Hochmoor zunächst zerkleinert werden; dasselbe ist im Herbst bei den in voller Vegetation befindlichen Serradellaflächen der Fall, wo ich die Serradella scharf am Boden abmähen, bei Seite

---

*) Möglicherweise ist die Impferde auch noch brauchbar, wenn schon mehrere Jahre seit dem Anbau dieser Leguminose ohne Wechsel mit einer anderen Leguminosen-Gattung vergangen sind.

werfen und dann die Impferde mit dem Spaten ausheben und zerkleinern lasse. Am wenigsten Zusammenhang hat in der Regel Impferde von Sandboden; von solchem Boden brachten bei unseren Versuchen mit Serradella und Lupinen schon 1000 kg pro ha eine bedeutende Wirkung hervor.

Auf das gleichmässige Ausstreuen der Impferde ist ebenso viel Sorgfalt zu verwenden, als sonst bei Ausstreuen von Kunstdünger der Fall ist. Bei unseren Versuchen mit Serradella im Hochmoor konnte in einem Falle konstatiert werden, dass diese Pflanze streifenweise da missraten war, wo zu wenig oder gar keine Impferde hingestreut war. Ich lasse in bäuerlichen Betrieben die Impferde in Säcke füllen und dann mit der Hand breitwürfig ausstreuen; in grösseren Wirtschaftsbetrieben wird man zu diesem Zwecke eine Düngerstreu-Maschine nehmen.

Die Impferde ist auf Ackerflächen so tief mit Egge oder Krümmer, allenfalls durch flaches Pflügen, unterzubringen, dass sie in den Bereich der jugendlichen Wurzeln der Leguminosen kommt; dieses muss spätestens bei der Aussaat der Leguminosen geschehen, bezw. bei der Bestellung der Ueberfrucht der Leguminosen. Findet die Bodenimpfung nach dem Aufgang der Leguminosen oder in einem späteren Stadium statt, so wird eine solche verspätete Impfung viel weniger Erfolg bringen, wie die Versuche Nobbes in Gefässen lehren.

Ist die Bodenimpfung beim zweiten Anbau derselben Leguminosen-Art zu wiederholen, wenn die erste Bodenimpfung erfolgreich war, und wenn inzwischen keine Leguminose einer anderen Gattung angebaut ist? Der Versuch muss hier entscheiden. Nach den wenigen Erfahrungen, die wir in dieser Richtung gemacht haben, scheint eine Nachimpfung nicht erforderlich zu sein, wenn der Zeitraum seit dem Anbau der letzten Leguminose nicht zu lange ist.

An dieser Stelle mögen auch die Beobachtungen von K. de Vrieze-Groningen erwähnt werden, welche im Jahre 1894 in der deutschen landw. Presse mitgeteilt sind. Drei Stunden von Groningen liegt das Dorf Noordlaren, woselbst man 1894 ein Versuchsfeld für sechs Kleearten mitten in der Haide angelegt hatte. Der Boden setzt sich dort aus folgenden Schichten zusammen: In der obersten liegt die Haideplagge auf lehmarmem Sandboden, den man in Preussen Sandboden achter Klasse nennen würde, darauf folgt in einer Tiefe von 60—90 cm unter dem Sande eine Lehmschicht von bedeutender Mächtigkeit. Die Grösse des Versuchsfeldes beträgt 12 Ar. Im Januar 1894 wurde auf je ein Ar ein halbes Hektoliter — etwa 30 kg – Aetzkalk gestreut, sodass der Kalk direkt in die Haideplagge kam; darauf wurde der arme Sand 62 cm tief umgegraben und die Haideplagge auf 15—16 cm Tiefe untergewirkt. Hierauf wurde auf drei Ar eine ganz geringe Menge Lehm vom Untergrunde gestreut, wobei das Versehen gemacht wurde, dass auf die übrigen Ar längs der einen Seite auch einiger Lehm fiel, welches man beachten wolle. Nun wurden alle 12 Ar mit Thomasphosphatmehl, gereinigter Kalimagnesia vermischt mit Kalk, und später mit Ofenruss gedüngt. Man versuchte auch eine Bodenimpfung mit

Wiererde auf der ganzen Fläche; jedoch stellte sich heraus, dass die Wiererde unwirksam blieb, entweder weil die Gabe davon zu gering war, oder weil diese Erde nicht geeignet war.

Und nun die Ergebnisse! Nur an den Stellen, welche einigen Lehm aus dem Untergrunde erhalten hatten, absichtlich oder unabsichtlich sah man guten Klee von reichlich 62—65 cm Höhe mit vielen Wurzelknöllchen; wo kein Lehm gefallen war, gab es ein kümmerliches Gewächs. Um an eine Grundverbesserung durch Lehm zu glauben, war die Gabe viel zu klein gewesen.

Ein zweiter ähnlicher Fall, wo Lehm günstig wirkte, wurde von de Vrieze aus Drachten in Friesland berichtet. Von der Meulen baute Lupinen auf armem Sand und sah, dass diese nur da gut gediehen und Knöllchen an den Wurzeln zeigten, wo der Sand etwas Lehm enthielt, und als er auf Sand ohne Lehm, wo seine Lupinen nicht wachsen wollten und keine Knöllchen an den Wurzeln aufwiesen, Lehm brachte, hatte er auch im folgenden Jahre schöne Lupinen, welche viele Pilze an den Wurzeln hatten, und durch diese Pilze eben reichlich mit Stickstoff versorgt wurden.

Ueber einen dritten ähnlichen Fall berichtete mir H. Stratmann im Jahre 1894 aus Löningen im südlichen Oldenburg. Er hatte auf Sandboden, welcher seit langen Jahren Roggen getragen hatte, ohne Düngung gelbe Lupinen gesät. Der Stand der Lupinen war ein sehr mittelmässiger; nur auf demjenigen Teile, welcher vor 4 Jahren bei Ausschachtung eines Kellers 0,5—1 m hoch mit gelbem lehmigen Sand bedeckt war, wuchsen die Lupinen üppig bis 1 m hoch mit ganz bedeutend kräftigerem Wurzelvermögen. Beobachtungen über das Vorkommen von Wurzelknöllchen sind von Stratmann nicht angestellt.

Im ersten Falle handelt es sich um sauren Haideboden; in den letzten beiden Fällen hat vielleicht häufig eine Zufuhr von Haideplaggen mit dem Dünger stattgefunden. Solcher saurer Boden ist der Wirksamkeit der Knöllchenbakterien wenig günstig.

Vor längeren Jahren hielt ich in Meppen einen Vortrag und empfahl den Anbau von Lupinen. Es wurde mir von dem damaligen Sekretär des landwirtschaftlichen Hauptvereins entgegnet, dass man auf Eschland, wo seit langen Jahren Roggenbau mit Haideplaggenmist stattgefunden hatte, nur Misserfolge bei dem Anbau von Lupinen gehabt hätte. Seit einigen Jahren habe ich an vielen Orten derselben Gegend auf ähnlichem Boden ohne Bodenimpfung aber mit reichlicher Düngung von Kainit und Thomasphosphatmehl mit dem besten Erfolge gelbe Lupinen mit reichlicher Knöllchenbildung gebaut.*)

Ich berichte objektiv über diese verschiedenen Beobachtungen; ich bezweifle durchaus nicht die Zuverlässigkeit der Beobachtungen von de Vrieze. In Noordlaren hat ausser den übrigen Hülfsmitteln erst der wenige aus der Tiefe von 60 cm unter dem Haideboden heraufgeschaffte Lehm die Kleearten zu einer Knöllchenbildung und zu üppigem Wachstum veranlasst. De Vrieze knüpft an diese Beobachtung die Vermutung, dass in dem Lehm des Untergrundes Leguminosen-Pilze sich befunden hätten. Ich bemerke dagegen, dass nach den Versuchen

---

*) Möglicherweise reichte in diesen Fällen der Kalkgehalt der Thomasschlacke aus, um die Säure des Bodens einigermassen zu neutralisieren.

von Nobbe die freiwillige Verbreitungsfähigkeit der Bakterien nur gering zu sein scheint. Es ist von de Vrieze nicht mitgeteilt, ob vor der Urbarmachung der Haide dort wildwachsende Leguminosen vorkamen. Eine mich völlig befriedigende Erklärung der Wirkung des wenigen Lehms bei dem Versuche in Noordlaren kann ich nicht finden Es wäre der Fall denkbar, dass nicht in dem Lehm, sondern in der Wiererde die Leguminosen-Pilze enthalten waren, aber nur da, wo zugleich etwas Lehm gegeben war, zur Wirkung kommen konnten, oder dass durch Luftbewegungen Knöllchenbakterien zugeführt wurden. Das geht ja sicher aus den Versuchen in Gefässen mit sterilisiertem Sand hervor, dass die Knöllchenbakterien sich häufig von selbst einfinden, und dass man die Kulturgefässe mit sterilisierter Watte belegen muss, um die Infektion mit Pilzen völlig zu verhüten. Vielleicht wirkt der Lehm aus dem Untergrunde auf Haideboden ähnlich wie die geringen Mengen von Seeschlick, der durch Erhitzen von etwas über 100° von allen lebenden Keimen befreit war, bei dem erwähnten Versuche von Professor Fleischer in Vegetationsgefässen mit wildem Hochmoorboden in Bremen. Gleichzeitig war hier Kalk gegeben. In der ersteren Zeit war hier die Wirkung des sterilisierten Schlick auf das Wachstum eine auffällig geringere als bei dem nicht sterilisierten Schlick; allmählich trat aber eine Ausgleichung ein; und die Untersuchung der Wurzeln ergab, dass auch auf dem nicht sterilisierten Schlick eine sehr starke Knöllchenbildung stattgefunden hatte. Ohne Kalkung blieben diese Impfungen mit Seeschlick ganz ohne Erfolg.

In Boden, der bisher nicht fähig war, eine gewisse Leguminosenart hervorzubringen, sind offenbar zunächst verschiedene Vorbedingungen zu erfüllen, um die Symbiose (die Knöllchenbildung) möglichst früh an den jugendlichen Wurzeln zu fördern. Einerseits muss die Leguminose alle Bedingungen zu ihrem Wachstum vorfinden. Saurer Boden muss zuvor entsäuert werden. Für sehr viel Kalk liebende Leguminosen muss in ausreichender Menge und in der zweckmässigsten Form Kalk gegeben werden. Kali und Phosphorsäure müssen reichlich angewendet werden, wenn daran Mangel ist. Entwässerung und Bodenbearbeitung sind den Bedürfnissen jeder Leguminosenart anzupassen. Aber anderseits haben wahrscheinlich alle diese Faktoren auch auf die Knöllchenbakterien vor und nach ihrer Einwanderung in die jugendlichen Wurzeln grossen Einfluss. Wir sind über diese letzteren Vorbedingungen noch völlig in Unkenntnis, und ich kann nur die Vermutung aussprechen, dass die geringe Menge von Lehm bei dem Versuche in Noordlaren keine Knöllchenbakterien enthielt, aber wie bei dem Versuche von Professor Fleischer mit sterilisiertem Schlick hinreichend war, um die reichliche und schnelle Vermehrung der durch Luftbewegungen zugeführten Knöllchenbakterien zu befördern, was auf dem übrigen Teile der Versuchsfläche ohne Lehm nicht möglich war.

Jedenfalls haben die Beobachtungen von de Vrieze für weite Haidebezirke, wo im Untergrunde Lehm steht, eine grosse Bedeutung, namentlich wenn meine Erklärung der Einwanderung von Pilzen die richtige wäre. Man sollte diese Versuche wiederholen, dann aber auch den Lehm aus sehr tiefen Bodenschichten verwenden und nach Möglichkeit auf die Anwesenheit von Knöllchenbakterien untersuchen lassen. Hoffentlich wird sich ein Bakteriologe hierbei in den Dienst der landwirtschaftlichen Praxis stellen.

Wie oben erwähnt wurde, haben Hellriegel und Nobbe bei Versuchen in Kulturgefässen die Erscheinung beobachtet, **dass der mächtige Aufschwung, welcher durch die Knöllchenbakterien bei geimpften Erbsen hervorgerufen wird, sich am meisten bei der Bildung der Wurzeln, Stengel und Blätter bemerkbar macht, und dass die Blüten- und Fruchtbildung hierdurch verzögert wird.** Nach Nobbe ist demnach die Wirkung der Bakterien weniger für den Samenertrag der Leguminosen als für ihren Futterbau und zu Gründüngungszwecken von praktischer Bedeutung.

Nach meiner Ansicht haben hierbei auch der Boden und die Jahreswitterung grossen Einfluss Nach meinen Beobachtungen war die Samenreife der mit Impferde auf neu kultiviertem Hochmoor angebauten Erbsen, Pferdebohnen und Peluschken häufig sehr spät; aber das war jedenfalls teilweise auch dem kalten Boden und der Jahreswitterung zuzuschreiben. Der Körnerertrag dieser Hülsenfrüchte bei massenhafter Entwickelung der Stengel und Blätter war in den Emsmooren nicht immer befriedigend; aber auch diese Erscheinung habe ich grösstenteils dem Einflusse der Witterung sowie dem Auftreten von Mehltau, Rost, Blattläusen und Spätfrösten zuzuschreiben.

Im Klima von Schweden war auf neu kultiviertem Hochmoor nach dem oben beschriebenem Versuche von Dr. Feilitzen im Jahre 1890 der Körnerertrag der geimpften Erbsen verhältnismässig hoch. Dort wurden von dem besandeten Moor durchschnittlich pro ha 1405 kg Körner geerntet, bei einem Strohertrage von 4110 kg Stroh. — In den Emsmooren (Twist) wurden auf Hochmoor im Jahre nach der Urbarmachung nach voraufgegangenem Roggen bis zu 1576 kg Körner von Erbsen und bis zu 1528 kg pro ha von Pferdebohnen geerntet.

Bei den Lupinen, die wir bei Lingen als Hauptfrucht zur Gründüngung auf altkultiviertem, stickstoffarmem Sandboden mit reichlichen Gaben von Kali und Phosphorsäure anbauen, ist die Entwickelung von Stengeln und Blättern bei reichlicher Knöllchenbildung sehr üppig; zur Samenreife kamen sie nie, wogegen auf anderen Flächen derselben Gegend, die keine Düngung erhalten hatten und weniger dicht und üppig entwickelt waren, selbst nach dem kalten Sommer 1894 sehr schöner reifer Samen geerntet wurde.

Es dürfte hieraus die Lehre hervorgehen, in einem Klima wie dem hiesigen, wenn es hauptsächlich auf Samengewinnung abgesehen ist, bei Lupinen, Serradella und Klee nicht so grosse Mengen von Kali und Phosphorsäure, oder in gewissen Fällen zu Lupinen gar keinen Kunstdünger zu geben.

Aber jedenfalls geht aus vielseitigen Erfahrungen in verschiedenen Ländern sicher hervor:

> **Die Wirkung der Knöllchenbakterien bei Leguminosen ist auf stickstoffarmen Bodenarten von der grössten, praktischen Bedeutung, wenn diese Pflanzen zu Futter und zu Gründüngung angebaut werden**; und wo diese Bakterien nicht genügend im Boden vorhanden sind, ist die Zuführung derselben **ein** wichtiger Faktor, um die Leguminosen zu reichlicher Verwertung des atmosphärischen Stickstoffs zu befähigen, in ihnen Proteïn zu bilden, und im Zusammenhange damit, die reichlichere Bildung von Chlorophyll und die Assimilation von Kohlenstoff aus der Atmosphäre zu fördern. Bei

massenhafter Produktion der Leguminosen zu Futter und Gründüngung besteht also der Gewinn in reichlicher Vermehrung des gebundenen Stickstoffs, der schliesslich den stickstoffzehrenden Gewächsen in Form von salpetersauren Salzen wieder dienstbar gemacht wird, und in Vermehrung der humusbildenden Bestandteile. Beides ist für die an Stickstoff und Humus armen Bodenarten besonders wichtig.

Wir sagten soeben, dass auf den stickstoffarmen Bodenarten das reichliche Vorhandensein von passenden Knöllchenbakterien **ein** wichtiger Faktor zum Gedeihen der Leguminosen ist, um den Stickstoff und Kohlenstoff der Atmosphäre zu verwerten. **Vergessen wir nicht, dass durch die Anwesenheit dieser Bakterien nur eine Vorbedingung zum Gedeihen dieser Pflanzen geboten wird.**

Vergessen wir nicht, dass das Gedeihen aller Pflanzen nicht nur von der Zuführung von Stickstoff und Kohlenstoff, sondern auch von der Anwesenheit der übrigen Nährstoffe, von Feuchtigkeit, Luft, Wärme und Licht abhängig ist. Alle diese Bedingungen zum Leben der Pflanzen müssen mit den Bakterien und deren Stickstoffzufuhr bei den Leguminosen zusammen wirken.

Bei allen von uns beschriebenen Impfversuchen auf neukultiviertem Hochmoor haben wir die bedeutenden Erfolge bei verschiedenen Leguminosen, namentlich Klee und Serradella, nur erzielt, weil wir dem Boden zunächst durch Entwässerung und Bearbeitung Luft und Wärme zuführten, dabei das Grundwasser in zweckmässiger Höhe hielten, aus dem rohen Moostorf und der Haidnarbe eine mehr oder weniger zersetzte Ackerkrume herstellten, Aetzkalk oder Mergel, sowie endlich Kainit und Phosphate in angemessenen Quantitäten gaben. Ebenso sind dem nährstoffarmen Sandboden beim ersten Anbau von Lupinen, Schotenklee, Weissklee bei unseren Versuchen stets grössere Mengen von Kali und Phosphorsäure gegeben, um den Boden erst anzureichern.

In der neueren Zeit ist mit Recht von den verschiedensten Autoren Schultz-Lupitz, Professor Wagner-Darmstadt, Prof. Fleischer, Professor Maercker, Dr. Stutzer, Generalsekretär Jaspers-Münster und anderen wiederholt und eindringlich auf die reichliche Versorgung der Leguminosen mit Kali und Phosphorsäure, unter Umständen auch mit Kalk, hingewiesen. Prof. Wagner schreibt:*)

„Der atmosphärische Stickstoff steht den Leguminosen in allerreichlichster Menge zur Verfügung; aber sie können den Luftstickstoff nicht aufnehmen und nicht verarbeiten, sobald ihnen die Phosphorsäure, das Kali und der Kalk fehlen. Wir können der grossen Vorteile habhaft werden, die die Stickstoffquelle der atmosphärischen Luft uns bietet:

„Wir versorgen die Leguminosen mit reichlichen Mengen von **Phosphorsäure** und **Kali**,

denn wir wissen, je schneller und reichlicher diese Pflanzen mit Kali und Phosphorsäure sich sättigen können, um so grösser auch die Begierde ist, mit welcher sie den atmosphärischen Stickstoff aufnehmen und zu Erntesubstanz verarbeiten."

---

*) Prof. Dr. P. Wagner. „Wie sind Stickstoff und Phosphorsäure am billigsten zu beschaffen?" Druck von L. Lichtenberg, Frankfurt a. M. 1892.

Nähere Angaben über die Mengen von Kalk, Kali und Phosphor-
äure, die zu den verschiedenen Leguminosen und auf verschiedenen
odenarten zu geben sind, findet man in der neueren reichhaltigen und
eilweise sehr populären Spezial-Litteratur über die Anwendung von
unstdünger, die Gründüngung und den Zwischenfruchtbau.

Betrachtungen darüber, wie wir den aus der Atmosphäre als
roteïn eingefangenen Stickstoff verwerten und bei der endlichen Um-
andlung in Stickstoffdünger möglichst vor Verlusten schützen können,
ehören nicht in den Rahmen dieser Schrift. Es genüge hier nur der
inweis, dass bei der Umwandlung der Stickstoffverbindungen von tieri-
chen Exkrementen und Gründünger in die von der Pflanze aufnehm-
aren salpetersauren Salze auch gewisse Bakterien thätig und not-
endig sind.

V. Werden durch die Verwertung der neueren orschungen über die Stickstoff-Ernährung der Leguminosen die alten Regeln der landwirtschaftlichen raxis, dass Rotklee, Erbsen und Pferdebohnen nicht zu häufig auf demselben Boden angebaut werden dürfen, hinfällig?

Bekanntlich spielen bei diesen Erfahrungen Rotklee und Erbsen
die grösste Rolle. Eine langjährige Erfahrung zeigt, dass man diese
Pflanzen im Fruchtwechsel nicht zu häufig anbauen darf, wenn nicht
Kleemüdigkeit, bezw. Erbsenmüdigkeit eintreten soll. Der von mir
bereits erwähnte Domänenpächter **Barckhausen** baute mit Stallmist
in zwei Fruchtfolgen teils auf altem Ackerland, teils auf Neuland auf
mildem lehmigem Sandboden anfangs in 12 und 10 Jahren zweimal
Erbsen an, wobei deren Erträge bald nachliessen; als sie dann später in
denselben Zeiträumen nur einmal angebaut wurden, lohnten sie wieder
reichlicher.

In der neueren Zeit düngt man auf den leichteren Bodenarten zu
Rotklee, Erbsen und Pferdebohnen mit Kali und Phosphorsäure und nutzt
dadurch bei Anwesenheit von Knöllchenbakterien den Luftstickstoff für
diese Gewächse hoch aus. Die Erfahrungen an den auf solche Weise
ernährten Gewächsen sind aber noch zu kurz, um den Beweis zu liefern,
ob sie jetzt häufiger angebaut werden dürfen.

Ueber die eigentlichen Ursachen der Kleemüdigkeit und Erbsenmüdigkeit des Bodens bei häufiger Wiederkehr dieser Gewächse ist man bekanntlich noch nicht einig.

Wenn man es diesen Pflanzen nicht an Kalk, Kali und Phosphor-
säure fehlen lässt, so kann ein Mangel an diesen Nährstoffen nicht die
Ursache sein.*) Ich lasse es dahingestellt, ob es Boden giebt, wo durch

*) Erschöpfung des Ober- und Untergrundes an assimilierbaren Nährstoffen,
namentlich an Kali, als Ursache der Kleemüdigkeit nach den Versuchen von **Kutzleb**.

zu reichliche Gaben von Kalk und Mergel auf lange Jahre der Ertragsfähigkeit von Erbsen, Bohnen und Rotklee Schaden geschehen ist.

Werden verschiedene Leguminosen-Gattungen im Wechsel angebaut und nicht regelmässig die für jede Leguminose passende Impferde verwendet, so könnte nach den Nobbeschen Versuchen die Anpassung der Knöllchenpilze an eine gewisse Leguminose der Grund des Nachlassens der Erträge bei anderen Leguminosen sein. Daher sind in solchen Fällen die Wurzeln der Pflanzen fleissig zu untersuchen.

Eine Beachtung verdienen ferner die Beobachtungen von Professor Dr. Liebscher über eine Nematode als Ursache der Erbsenmüdigkeit des Bodens.*) Liebscher beobachtete im Versuchsfelde des landwirtschaftlichen Instituts der Universität Göttingen bei einer Anzahl von Parzellen, die dazu bestimmt waren, die Erfolge des permanenten Anbaues ein und derselben Fruchtart bei einseitiger und vollständiger Düngung zu zeigen, dass die permanenten Kartoffel- und Erbsenfelder seit einigen Jahren ein krankhaftes Aussehen hatten, und dass ihre Erträge zurückgingen, während der Stand der Früchte auf den entsprechend gedüngten Parzellen, die aber im Fruchtwechsel bebaut wurden, ein normaler war.

Bei den Kartoffeln wurde als Ursache dieser Erscheinung das starke Auftreten der Kräuselkrankheit ermittelt; bei den Erbsen war es bis dahin nicht gelungen, den Grund des starken Zurückgehens der Erträge zu finden.

Auch in diesem Jahre sah das genannte Erbsenfeld, welches in den letzten 13 Jahren 10 mal Erbsen und 3 mal Bohnen getragen hatte, sehr verkümmert aus. Ende Juni starben die Erbsen bereits auf allen nicht mit Stickstoff gedüngten Parzellen vollständig ab, während auf den mit Stickstoff gedüngten Parzellen die Erbsen allerdings auch jetzt noch wuchsen, aber ein so krankhaftes Aussehen zeigten, dass das ganze Feld als erbsenmüde zu bezeichnen war.

Das verschiedene Aussehen der mit und ohne Stickstoff angebauten Erbsen veranlasste Liebscher, Mitte Mai die Wurzeln auf das Vorhandensein von Wurzelknöllchen zu untersuchen, wobei festgestellt wurde, dass die Pflanzen sämtlicher Parzellen gar keine oder doch nur sehr wenige Knöllchen aufzuweisen hatten, während die Erbsen der im Fruchtwechsel bebauten Felder einen sehr reichen Besatz von Wurzelknöllchen aufwiesen, wenn auch die mit Stickstoff gedüngten Parzellen dieser Felder verhältnismässig wenig, die nicht mit Stickstoff gedüngten dagegen erheblich mehr Knöllchen besassen. Ein Versuch, die Erbsenmüdigkeit durch Impfung mit Erde von einem vorzüglich bestandenen Erbsenfelde zu heben, blieb ohne Erfolg.

Eine genaue Untersuchung einer grossen Anzahl kranker Erbsenpflanzen zeigte, dass die Wurzeln derselben so dicht mit Nematoden besetzt waren, wie sie gleich zahlreich kaum an Rüben eines nematodenkranken Rübenfeldes festgestellt wurden. Diese Beobachtungen waren um so überraschender, als im ganzen Versuchsfelde sonst nie Nematoden aufgetreten waren.

---

*) Biedermanns Centralblatt. 1891, S. 2.

Nematoden konnten nur auf dem permanenten Erbsenfelde und auf dem daneben liegenden Haferfelde nachgewiesen werden.

Um das Verhalten der wichtigsten Kulturpflanzen zu den Nematoden der Erbsen festzustellen, baute Liebscher gegen 100 Varietäten auf dem erbsenmüden Boden an. Dabei hat sich ergeben, dass diese Nematoden massenhaft auftraten in allen kultivierten Varietäten der Erbse. Ebenso zahlreich fanden sie sich an der Pferdebohne, an der Saatwicke, der italienischen Futterwicke, der Wicklinse, der Sandwicke und Vicia hirsuta.

Weniger zahlreich fanden sich besetzt mit Nematoden die ungarische und römische Wicke, die Linse, die deutsche Kicher, die rote Platterbse (Lathyrus Cicera) und Cicer arietinum. Sehr vereinzelt kam die Nematode vor bei den drei Lupinenarten. Gar nicht konnte sie gefunden werden an Phaseolus, auch an keiner der zahlreichen darauf untersuchten Kleearten. Ebenso wenig an Hafer oder einer anderen Graminee, sowie an Rüben, Raps, Kohl, Rübsen, Herbstrüben oder ähnlichen Gewächsen, obwohl sie gerade den ganzen Sommer hindurch alle 8—14 Tage sorgfältigst mikroskopisch betrachtet wurden.

Liebscher knüpft an seine Beobachtung die Mahnung:

„Ein jeder Landwirt, der in häufiger Wiederkehr Leguminosen zu bauen gedenkt, wird gut thun, das Gedeihen derselben, sowie das Vorhandensein von Wurzelknöllchen und das Fehlen von Nematoden zu beobachten und sich nicht damit allein zu trösten, dass er den nötigen mineralischen Dünger gegeben habe. Er könnte sonst leicht an seinen Zwischenfrüchten nicht stickstoffsammelnde Bakterien, sondern den Boden ruinierende Nematoden züchten."

Sollten die Liebscherschen Beobachtungen über die Ursachen der Erbsenmüdigkeit des Bodens auch an anderen Orten Bestätigung finden, so wird der Landwirt gut thun, die alten Regeln über die Wiederkehr von Rotklee*), Erbsen, Pferdebohnen und ähnlichen Leguminosen auch ferner zu befolgen. Ich wenigstens halte es vorläufig mit den alten Regeln der Fruchtfolge in betreff des Anbaus von Rotklee, Erbsen und Bohnen.

Diese Schrift beendige ich mit dem offenen Eingeständnisse, dass über die Boden-Impfung im praktischen Betriebe nur für gewisse Verhältnisse genügende Erfahrungen vorliegen, dass aber andererseits noch grosse Lücken vorhanden sind. Auf diesem Gebiete müssen noch fortwährend Beobachtungen und vergleichende Versuche gemacht werden; und solche Versuche kosten wenig. Es soll mir eine grosse Befriedigung sein, wenn diese Schrift die Veranlassung giebt, dass im Inland und Ausland zahlreiche praktische Landwirte auf diesem interessanten Gebiete mit arbeiten und beobachten und dann ihre Erfahrungen mitteilen. Nur auf solche Weise wird die Landwirtschaft die bedeutsamen For-

*) Nach Dr. G. Kraffts Pflanzenbaulehre liegt bei Auftreten der Kleemüdigkeit auf kräftigem Boden das Auftreten tierischer und pflanzlicher Parasiten oder eine zu weit gehende Lockerung des Untergrundes, welche dem Rotklee entschieden nachteilig ist, zu Grunde.

schungen der Wissenschaft über die Stickstoffernährung der Schmetterlings-blüter und die Anpassung der Bakterien an gewisse Leguminosen voll verwerten können.

Und welche Befriedigung gewährt dem denkenden Landwirt das immer fortschreitende Eindringen in die Lebensvorgänge der Pflanzen und Tiere! Ein väterlicher Freund schrieb mir im Jahre 1891 in Anlass der Hellriegelschen Versuche:

„Nachdem wir diese wunderbare Entdeckung erlebt haben, der Sie Zeit und Kräfte widmen, kommt es mir vor, als ob damit ein Abschnitt erreicht sei, der einen tiefen Blick in Gottes weise Schöpferallmacht uns gewähren soll. Ob es seine Absicht ist, uns bald noch weitere Blicke in das Leben und Wesen der Geschöpfe zu gestatten, steht dahin. Voll Bewunderung schaue ich in den Haushalt der Natur, Gottes Weisheit erkennend und daneben den winzigen Verstand des Menschen, der erst jetzt zu dieser Entdeckung gekommen ist.“





